Издательство «Знание»

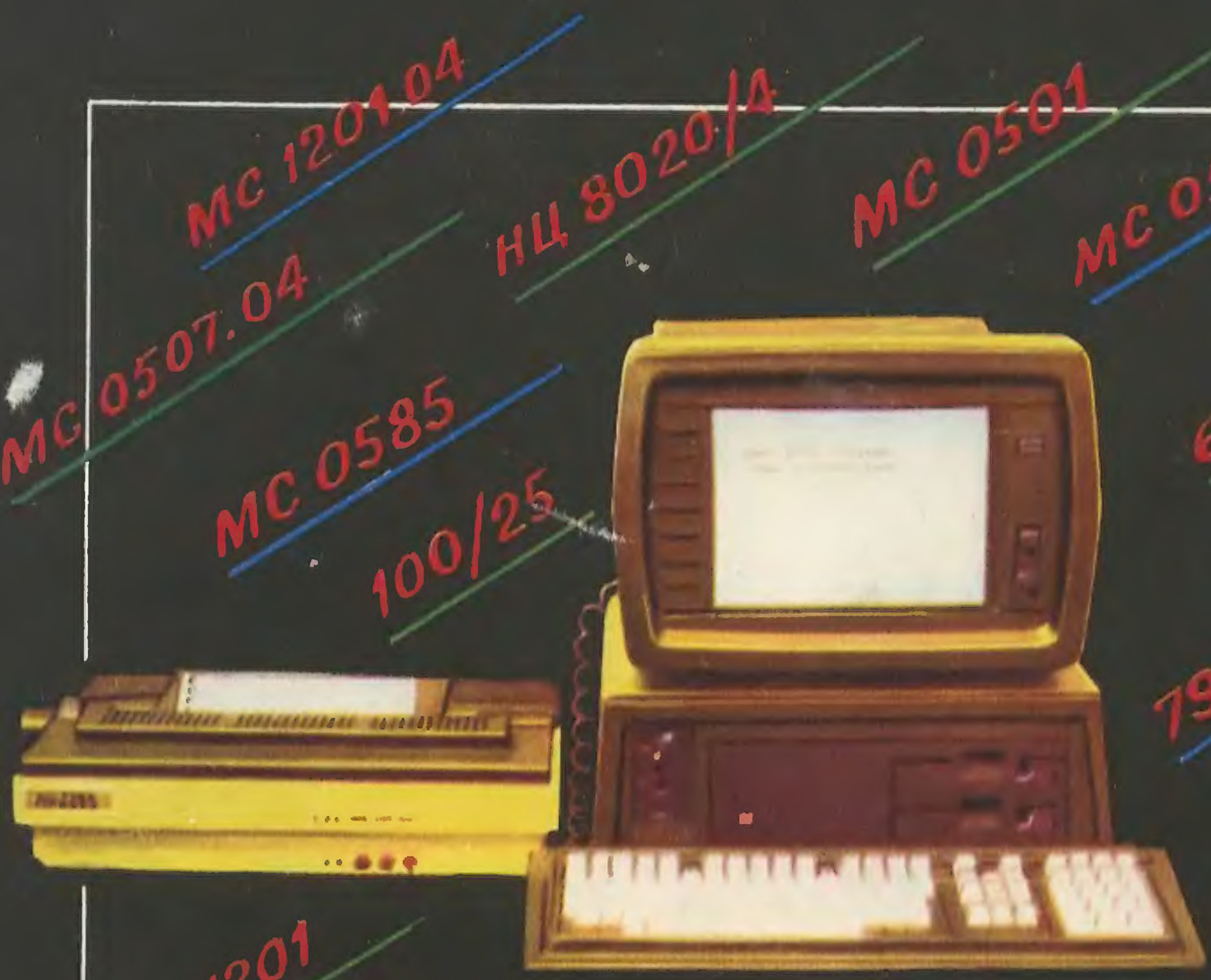
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ

Новое в жизни, науке, технике

Подписная научно-популярная серия

Издается ежемесячно с 1988 г.

Семейство отечественных ЭВМ ДВК



1988

11

Новое
в жизни,
науке,
технике

Подписная
научно-
популярная
серия

11/1988

Издается
ежемесячно
с 1988 г.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ

СЕМЕЙСТВО ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЭВМ

Диалоговый вычислительный комплекс

В НОМЕРЕ

3 А. А. Бартеньев, В. С. Кокорин, А. А. Попов
ПЕРСОНАЛЬНАЯ ЭВМ ДВК-4

30 А. А. Шишкевич, В. С. Безобразов
ОДНОПЛАТНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЛЕР ЦВЕТНОГО СИМВОЛЬНО-ГРАФИЧЕСКОГО ДИСПЛЕЯ

36 В. Я. Цветков
ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕСТАВРАЦИОННЫХ РАБОТ

РУБРИКИ:
ЯЗЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ
ТЕРМИНАЛ. КОМПЬЮТЕРНЫЙ КЛУБ ШКОЛЬНИКОВ

Издательство
«Знание»
Москва
1988

ББК 32.97
С 30

Авторы выпуска

БАРТЕНЬЕВ Александр Андреевич — инженер, специализируется в области разработки средств вычислительной техники.

БЕЗОБРАЗОВ Владимир Сергеевич — инженер, занимается разработкой графических средств для персональных ЭВМ.

КОКОРИН Владимир Сергеевич — кандидат технических наук, специализируется в области разработки средств вычислительной техники.

ПОПОВ Александр Анатольевич — кандидат технических наук, специализируется в области разработки средств вычислительной техники.

ШИШКЕВИЧ Александр Адамович — кандидат технических наук, преподаватель МИЭТ, научная деятельность связана с разработкой аппаратных средств информационно-управляющих вычислительных систем.

ЧАСТИКОВ Аркадий Петрович — кандидат технических наук, доцент, занимается историей вычислительной техники.

МАЛЫХИНА Мария Петровна — кандидат технических наук, доцент, программист.

ЦВЕТКОВ Виктор Яковлевич — кандидат технических наук. Автор 63 научных работ, в том числе 6 изобретений, одно из которых запатентовано в ГДР. Начальник сектора автоматизации института «Спецпроектреставрация».

МЕТАЛИДИ Александр Сократович — инженер-программист Симферопольского государственного университета им. М. В. Фрунзе.

РЕДАКТОР Б. М. ВАСИЛЬЕВ

© Издательство «Знание», 1988 г.

В этом году читатели уже получили выпуск с описанием отечественного семейства ПЭВМ типа БК. Настоящий выпуск посвящен еще одному популярному в нашей стране семейству ПЭВМ — диалоговому вычислительному комплексу (ДВК). Этот же коллектив авторов подготовил описание предшествующих моделей ДВК-1, ДВК-2, ДВК-3. Книга уже вышла в свет и, несмотря на большой тираж, очень быстро исчезла с прилавков книжных магазинов. Однако редакция предполагает, что наши читатели познакомились с первыми моделями ДВК, и поэтому здесь пойдет речь только о последней модели семейства — о ДВК-4.

ПЕРСОНАЛЬНАЯ ЭВМ ДВК-4

А. А. БАРТЕНЬЕВ,
В. С. КОКОРИН,
А. А. ПОПО ,

Успехи электронной промышленности в создании 8-, 16- и 32-разрядных микропроцессорных комплексов БИС, БИС ОЗУ и ПЗУ информационной емкостью 16, 64 и 256 кбит, заказных БИС на базе матричных кристаллов, достижения в разработке портативных дешевых и обладающих большой информационной емкостью внешних ЗУ с использованием накопителей на гибких и жестких магнитных дисках обеспечили массовое производство персональных ЭВМ (ПЭВМ).

Персональная ЭВМ представляет собой миниатюризированный аналог мини-ЭВМ. Обладая практически такими же функциональными возможностями, она значительно дешевле, имеет меньшие габариты, более гибка в применении и лучше приспособлена для личного пользования.

Отмечают следующие пять основных признаков, характеризующих ПЭВМ:

1) развитый человеко-машинный интерфейс, обеспечивающий простое и наглядное управление непрофессиональным пользователем;

2) большое число готовых программных средств прикладного характера для многих областей применения, избавляющее пользователя от необходимости разрабатывать программы самостоятельно;

3) малогабаритные накопители информации значительной емкости на сменных носителях, обеспечивающие взаимозаменяемость и эксплуатацию вновь приобретаемых программных средств;

4) малые габариты и масса, позволяющие устанавливать ПЭВМ на любом рабочем месте (письменный стол, объект исследования и т. д.), а также малое энергопотребление;

5) эргономичность конструкции, привлекательность цвета и формы элементов конструкции ПЭВМ.

Малая трудоемкость изготовления позволяет выпускать персональные ЭВМ миллионными тиражами, что способствует постоянному расширению и углублению сферы их применения. В настоящее время они широко используются в инженерных и экономических расчетах, в создании простейших рабочих станций для проектирования новых изделий и комплексов по диагностике радиоэлектронной аппаратуры при ее производстве и ремонте, в медицине для статистики и диагностики заболеваний, в системе обучения (в высшей и средней школе), в управлении производством и т. п.

Персональные ЭВМ создали предпосылки компьютеризации всех сфер человеческой деятельности, стали основным средством в решении проблем ликвидации компьютерной безграмотности.

По мере роста технологических возможностей, расширения сфер применения персональных ЭВМ совершенствуются их функциональные возможности. Персональная ЭВМ или личный компьютер, как его иногда называют в технической литературе, образца 1986—1988 гг., как правило, состоит из следующих функциональных устройств:

1) 16- или 32-разрядного процессора;

2) ОЗУ информационной емкостью 64—1024 кбайт;

3) системного ПЗУ информационной емкостью 32—64 кбайт;

4) контроллеров для связи с клавиатурой и с периферийными устройствами через стандартные параллельные или последовательные интерфейсы, а также контроллеров для создания локальных сетей;

5) растрового дисплея для вывода символьной и графической черно-белой и цветной информации;

6) внешнего запоминающего устройства: одного либо двух накопителей на гибких магнитных мини-дисках информационной емкостью 400—1200 кбайт.

Более дорогие модели персональных ЭВМ включают накопители на жестких магнитных мини-дисках (винчестерские накопители) информационной емкостью от 5 до 20 Мбайт.

За прошедшее десятилетие с момента разработки первых персональных ЭВМ возросли: разрядность процессора с 8 до 32 бит, информационная емкость ОЗУ, емкость системных ПЗУ и внешних накопителей на гибких и жестких магнитных дисках до 1,2 и 20 Мбайт соответственно.

В США «стандартом» де-факто персональной ЭВМ стала ПЭВМ фирмы IBM серии PC, разработанная в 1981 г. Поставки этой ЭВМ только до 1984 г. составили 2,5 млн. шт. Новейшие персональные ЭВМ обеспечивают вывод черно-белой и цветной символьной или графической информации с разрешающей способностью 640×480 элементов (PS/2 фирмы IBM), ввод информации с помощью устройства типа «мышь» (Macintosh). Стоимость лучших моделей последнего времени составляет около 2500 долл.

Среди отечественных ПЭВМ наиболее широкое распространение получили профессиональные персональные ЭВМ (ППЭВМ) «Электроника МС 0585» и ППЭВМ типа ДВК («Электроника МС 0501», «Электроника МС 0502», «Электроника МС 0507»). Начат выпуск ППЭВМ семейства ЕС1840, совместимого с ПЭВМ фирмы IBM серии PC.

Отечественные персональные ЭВМ типа ДВК (диалоговый вычислительный комплекс) разработаны в соответствии со следующими принципами:

а) модульность построения;

б) расширяемость и наращиваемость;

в) совместимость снизу вверх на аппаратном и программном уровнях с серийно выпускаемыми микро- и мини-ЭВМ «Электроника 60, 100/25, 79», СМ-3, СМ-4;

г) встраиваемость аппаратных средств в существующие базовые средства;

д) возможность использования серийного стандартного оборудования и программного обеспечения, разработанного для ЭВМ данного класса.

Персональные ЭВМ типа ДВК по способу взаимодействия можно отнести к диалоговым, по представлению ресурсов — к персональным, по ориентации на область применения — к профессиональным ЭВМ.

Структурная схема ПЭВМ типа ДВК-4 приведена на рис. 1. Интеллектуальным центром ДВК-4 является одноплатная микро-ЭВМ («центральный процессор»), которая через систему контроллеров взаимодействует с дисплеем (монитором, клавиатурой, манипулятором мышь), архивными ЗУ (накопителями на гибких и жестких дисках) и со стандартной периферийной аппаратурой (графопостроителем, печатающим устройством).

Контроллеры, входящие в ПЭВМ типа ДВК, представляют собой, как правило, интеллектуальные устройства, содержащие собственный микропроцессор, ОЗУ, ПЗУ, регистры внешних устройств, буферные схемы. Предназначены они для подключения различных по принципу действия, интерфейсу и конструктиву периферийных устройств к магистрали ДВК. Они выполняют следующие основные функции:

— согласуют интерфейс магистрали со специфическим интерфейсом периферийного устройства;

— выполняют роль буферной памяти между периферийным устрой-

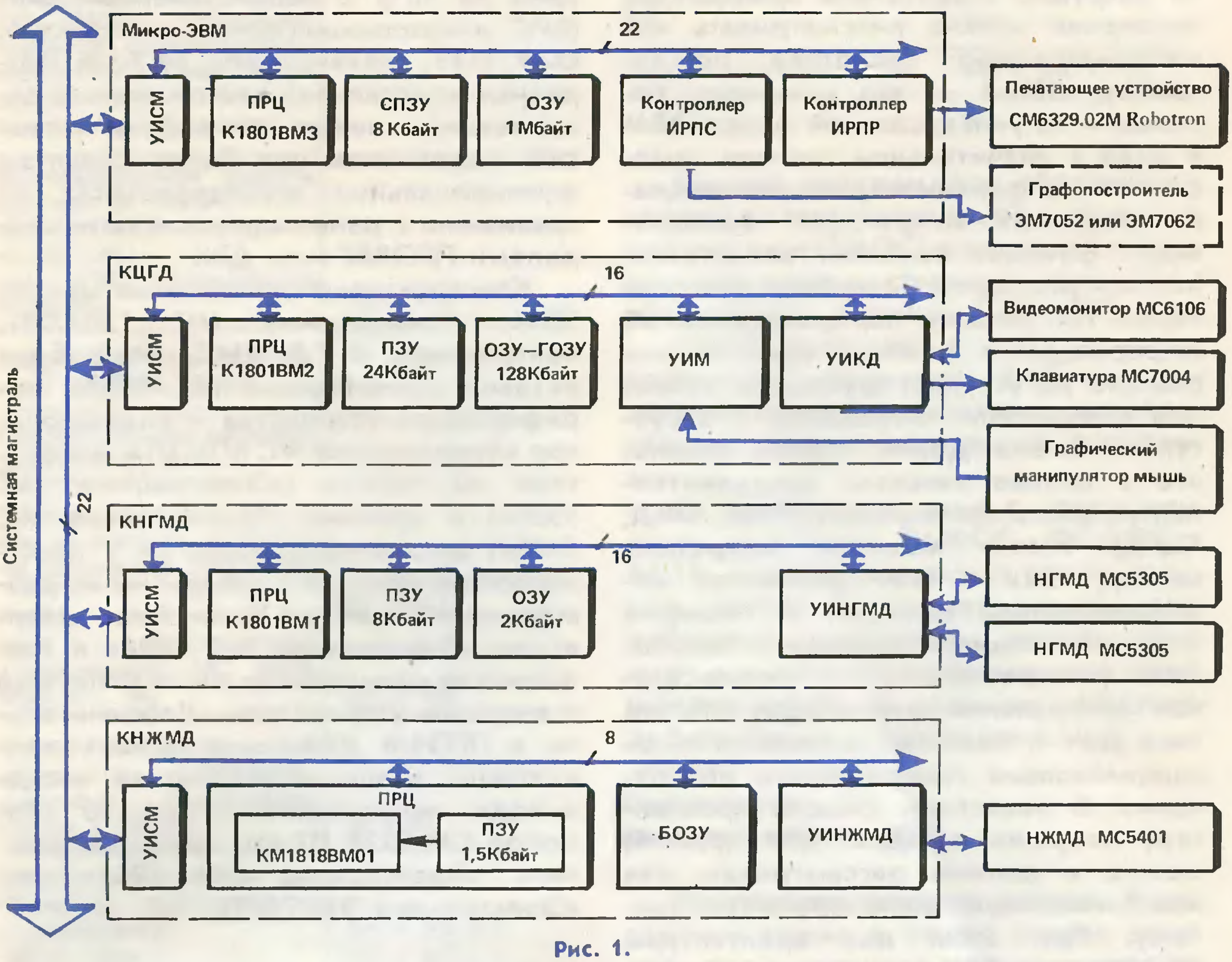


Рис. 1.

ством и микро-ЭВМ ДВК. При этом доступ к памяти может производиться в режиме окна через адресуемые со стороны магистрали регистры;

— выполняют конкретные вычислительные и управляющие действия, освобождая от них центральный процессор ДВК.

Постоянное усложнение задач, решаемых средствами вычислительной техники, требует от последних эквивалентного быстродействия в десятки и сотни миллионов операций в секунду. Это обстоятельство предопределило в качестве генерального направления развития средств вычислительной техники создание высокопроизводительных вычислительных средств, таких, как мультипроцессорные и многомашинные системы.

Согласно известной классификации вычислительных систем в зависимости от соотношения двух потоков (потока команд и потока данных), обрабатываемых вычислительной системой, архитектура многомашинных мультипроцессорных систем относится к классу систем типа МКМД (множество команд, множество данных). Причем под многомашинной системой понимается такая, в которой отдельные ЭВМ, работая в основном под управлением своих операционных систем, могут одновременно выполнять различные части одной задачи и имеют собственные УВВ. Системы типа МКМД, в которых управление процессорами осуществляется одной операционной системой и используется общее ЗУ независимо от наличия в процессорах местных ЗУ и устройств управления, называют мультипроцессорными.

Тенденции многопроцессорности не обходят и класс персонально-профессиональных ЭВМ. Если взглянуть с этой точки зрения на ППЭВМ ДВК-4,

то нетрудно видеть, что архитектуру последней можно рассматривать как многомашинную, поскольку, по существу, ДВК-4 — это комплекс, состоящий из универсальной микро-ЭВМ и ряда в значительной степени самостоятельно функционирующих специализированных микро-ЭВМ, выполняющих функции высокоинтеллектуальных контроллеров. Сложность контроллеров по объему перерабатываемой информации в единицу времени нисколько не уступает функциям основной микро-ЭВМ. Обращаясь к структурной схеме ДВК-4, можно видеть, что в основе каждого высокоинтеллектуального контроллера (КМД, КЖД, КЦГД) лежит мощный микропроцессор, ОЗУ и ПЗУ различной информационной емкости. К главному отличию специализированных микро-ЭВМ (контроллеров) от универсальной центральной микро-ЭВМ ППЭВМ типа ДВК-4, пожалуй, относится лишь специализация программного обеспечения. В известном смысле архитектуру старшей модели ДВК (ДВК-4) можно и должно рассматривать как многомашинную вычислительную систему. При этом для архитектуры ППЭВМ типа ДВК-4 характерно следующее:

— как в универсальной, так и в специализированной микро-ЭВМ (контроллере) применяются 16-разрядные микропроцессоры серии КР1801ВМ с единой совместимой сверху вниз системой команд, единым системным интерфейсом;

— гибкость специализированных микро-ЭВМ в части изменения (совершенствования, увеличения мощности) выполняемых функций при консерватизме аппаратных средств;

— унификация практически всех интерфейсов.

Кроме того, для всего семейства ДВК характерны модульность построения, возможность расширения и наращивания. В ППЭВМ типа ДВК-4 эти принципы нашли свое дальнейшее развитие: каждое функциональное устройство — один унифицированный конструктивный элемент (плата).

Все аппаратные средства реализованы на 50% с использованием БИС (БИС микропроцессорных комплектов, ОЗУ, ПЗУ, заказных БИС на базе матричных кристаллов), что позволило существенно снизить стоимость, повысить надежность при более развитых функциональных характеристиках по сравнению с ранее выпускаемыми моделями ППЭВМ типа ДВК.

Конструктивно одноплатная микро-ЭВМ «Электроника МС 1201.04», контроллеры КЦГД, КЖД, КМД, блок питания «Электроника МС 9002», периферийные устройства — видеомонитор «Электроника МС 6106.01», накопители на гибких («Электроника МС 5305») и жестких («Электроника МС 5401») дисках—размещаются в пластмассовом корпусе с габаритными размерами 440×540×470 мм. Блок клавиатуры «Электроника МС 7004» и графический манипулятор мышь относятся к внешним устройствам. Дополнительно к ППЭВМ ДВК-4 могут быть подключены внешние устройства ввода-вывода: печатающее устройство «Robotron СМ 6329. 02-М», графопостроитель «Электроника ЭМ 7052» или «Электроника ЭМ 7062».

Основные технические характеристики ППЭВМ «Электроника МС 0507.04»

Основной формат представления чисел и команд	16 двоичных разрядов
Формат представления адреса	22 двоичных разряда
Количество команд	72
Число регистров общего назначения	8
Методы адресации	Регистровая, косвенно-регистровая, автоинкрементная, косвенно-автоинкрементная, автодекрементная, косвенно-автодекрементная, индексная, косвенно-индексная
Быстродействие при выполнении команд типа «сложение», тыс. оп/с	800 ÷ 1000 при регистровом методе адресации 200 ÷ 400 при косвенно-регистровом методе адресации

Информационная емкость ОЗУ, Мбайт (обеспечена коррекция одиночных ошибок при считывании информации из ОЗУ с использованием кода Хемминга)	1
Информационная емкость внешних ЗУ, Мбайт: одного НЖМД «Электроника МС 5401», двух НГМД «Электроника МС 5305»	5,0 1,6
Скорость обмена информацией с НЖМД, Мбит/с	5,0
Скорость обмена информацией с НГМД, Мбит/с	2,0
Количество уровней запросов от внешних устройств на прерывание программы	4
Размер рабочего поля экрана видеомонитора «Электроника МС 6106. 6106.01», мм	220 × 160
Формат выводимой на видеомонитор алфавитно-цифровой информации, строка × символ	24 × 80
Формат графической информации, выводимой на видеомонитор: число строк × число точек в строке × число бит на точку	240 × 400 × 4 240 × 800 × 2 480 × 400 ×4 480 × 800 × 2
Количество градаций яркости в черно-белом изображении	4
Количество одновременно выводимых цветов на видеомонитор	16
Тип интерфейса для подключения печатающего устройства	ИРПР ПУ
Тип интерфейса для подключения внешних абонентов, в том числе графопостроителя	ИРПС
Интерфейс для подключения клавиатуры «Электроника МС 7004»	С2
Интерфейс для подключения графического манипулятора «Мышь»	1
Напряжение питающей сети, В	220 50 Гц
Потребляемая мощность, ВА	300
Габаритные размеры, мм	440 × 540 × 470

Базовое программное обеспечение состоит из тест-мониторной операционной системы (ТМОС) и дисковой операционной системы реального времени с разделением функций (ОС ДВК).

ТМОС включает в себя монитор программы управления файлами, редактор текстов, копировщик, тест-программы и диагностические программы.

ОС ДВК совместима с операционными системами РАФОС, ФОДОС и RT-11. Система позволяет организовывать доступ к внешней памяти, разрабатывать программы, решать задачи в реальном масштабе времени, организовывать обмен данными между периферийными устройствами.

Подсистема внешней памяти ДВК

Контроллер жестких дисков. В последнее время в нашей стране началось промышленное производство накопителей на несменных жестких дисках типа «Винчестер». К накопителям такого типа относятся МС 5401 и МС 5402 емкостью 5 и 10 Мбайт соответственно. Помимо большой информационной емкости, накопители данного класса имеют малые габаритно-массовые и энергетические характеристики и относительно высокую скорость передачи информации. Естественным образом они нашли применение в ДВК и других персональных и профессиональных компьютерах, помогая тем самым расширить их функциональные возможности и область применения.

Накопители данного класса являются прежде всего прецизионными механическими устройствами, в их состав входят:

— жесткие магнитные диски диаметром 133 мм; таких дисков в накопителе устанавливается от двух (в МС 5401 и МС 5402) до восьми в лучших зарубежных образцах;

— двигатель, который со скоростью 3600 об/мин вращает магнитные диски, расположенные на общем валу;

— блок записывающих и считывающих магнитных головок, которые устанавливаются на общей каретке; на каждую поверхность диска обычно приходится по одной головке считывания / записи;

— шаговый двигатель, перемещающий одновременно все магнитные головки по поверхности магнитных дисков (по их радиусу). От точности шагового двигателя зависит минимальное дискретное перемещение головки и тем самым количество концентрических дорожек, которые могут быть размещены на одной поверхности диска. Так, в накопителе МС 5401 размещаются 153 дорожки, а в МС 5402 — уже 306.

Безусловно, описания накопителей в данной статье читатель не найдет. Сделано это намеренно, поскольку авторы дают здесь только самые общие сведения по пользованию средствами внешней памяти ДВК.

Итак, из конструктивных особенностей накопителей следует, что их информационная емкость зависит от количества магнитных дисков, количества магнитных головок и числа дорожек на одной поверхности диска.

Из электронного оборудования накопитель содержит усилители записи-считывания информации, устройства управления двигателями и логику позиционирования и выработки сигналов состояния накопителя.

Информация, записываемая в накопитель, подается в последовательном виде и, кроме того, закодирована по методу модифицированной фазовой модуляции (МФМ). Описание метода МФМ см. на с. 20—21. Из сказанного следует, что накопитель может быть подключен к ЭВМ только через специальное устройство, которое осуществляет преобразование информации из вида, представленного в ЭВМ, к виду, определенному для накопителя, и обратно. В ДВК таким устройством является контроллер жесткого диска КЖД. Контроллер обеспечивает необходимое преобразование информации, запись и чтение ее с накопителя, а также поиск информации на диске. Данный контроллер представляет собой функциональный аналог контроллера НМД в профессиональном вычислительном комплексе «Электроника МС 0585». Он реализован на той же элементной базе и выполняет те же алгоритмы взаимодействия с ЭВМ и накопителем. Особенность КЖД в том, что он приспособлен под системную магистраль МПИ, а также выполнен в конструктиве стандартного модуля ЭВМ «Электроника 60».

Одной из важных функций контроллера является то, что он определенным образом упорядочивает информацию на диске (см. таблицу на с. 18).

Во-первых, нумеруются поверхности диска (или что равноценно — магнитные головки). Например, в накопителе МС 5401 имеются четыре головки, следовательно, они пронумерованы от 0 до 3.

Во-вторых, нумеруются дорожки на поверхности диска. Нумерация производится по направлению к центру диска, следовательно, самая дальняя от центра дорожка имеет номер 0, а номер самой близкой к центру дорожки зависит от типа накопителя. Для накопителя МС 5401 номер последней дорожки 152, для МС 5402—305. Дорожки с одинаковыми номерами, но принадлежащие разным поверхностям дисков, образуют цилиндр.

В-третьих, информация на каждой дорожке разбивается на 16 секторов, разделенных специальными промежутками. Каждый сектор, в свою очередь, содержит заголовок и собственно блок данных емкостью 512 байт.

Вся информация на дорожке закодирована по методу модифицированной фазовой модуляции и имеет вполне определенное назначение. Так, зона синхронизации служит для фазирования и синхронизации схемы выделения данных контроллера. В заголовке указывается адрес сектора данных в накопителе. Заголовок предваряется адресным маркером, который сформирован специальным образом, так, чтобы в закодированном по методу фазовой модуляции коде А1 возникало

уникальное чередование периодов, которого в обычной закодированной информации не бывает.

Зона заголовка защищается контрольным циклическим кодом (КЦК), который представляет собой остаток от деления информации, записываемой в заголовок на полином вида

$$x^{15} + x^{12} + x^5 + 1.$$

Остаток в виде двух байтов приписывается контроллером к заголовку, когда он осуществляет форматирование дорожки. Контрольный код используется контроллером при чтении и служит для проверки достоверности считанной информации.

Перед зоной данных существует зона синхронизации, она имеет то же значение, что и перед заголовком. Зона данных начинается с маркера данных, который так же, как и адресный маркер, сформирован специальным образом. За зоной данных следует служебная зона, в которую пользователь по определенным правилам (о которых будет сказано ниже) сможет записать свои метки.

Зона данных защищается своим контрольным циклическим кодом. Величина межсекторного промежутка № 2 выбирается таким образом, чтобы при перезаписи секторов с учетом изменения скорости вращения дисков в пределах $\pm 1{,}5\%$ сектора не затирали друг друга.

Промежуток № 3 — это остаток информации, который дозаписывается до физического конца дорожки. Величина его не постоянная и зависит от разброса $\pm 1{,}5\%$ в скорости вращения диска.

Таким образом, информация, записанная на дорожке, не является каким-то монолитом. Нужная пользователю информация вкраплена в среду служебной информации, которая позволяет контроллеру:

— облегчить процесс синхронизации и выделения данных;

— найти искомую информацию;

— проверить достоверность считанной информации;

— скомпенсировать нестабильность вращения дисков.

Уже по количеству служебной информации можно судить о том, какой непростой анализ должен выполнять контроллер, чтобы найти и выделить полезную информацию.

Структурная схема контроллера КЖД представлена на рис. 2. Контроллер содержит в своем составе микропроцессор серии КМ 1818ВМ01, программа работы которого «зашита» в ПЗУ микропрограмм емкостью 512×24. На внутренней магистрали контроллера расположены другие его ресурсы, которыми управляет микропроцессор. Прежде всего это буферное ОЗУ, часть которого используется для промежуточной буферизации информации емкостью в один сектор (512

Рис. 2.

байт). Другая часть ОЗУ предназначена для хранения копий регистров процессора и промежуточных результатов. Адрес ОЗУ загружается процессором в счетчик адреса, который с каждым обращением к ОЗУ автоматически изменяет свое состояние на единицу.

Регистры управления состоянием НМД представляют собой параллельный программируемый порт по выдаче потенциальных управляющих сигналов на НМД, а также по приему сигналов состояния от накопителя.

Узел записи данных осуществляет преобразование информации из параллельного вида в последовательный, кодирует информацию, формирует уникальную последовательность импульсов при записи адресного и маркера данных, контрольный циклический код и вырабатывает сигналы предкомпенсации при записи информации.

Узел чтения данных осуществляет подстройку частоты синхронизации, выделяет данные из модулированного сигнала, обнаруживает адресные и маркеры данных, выполняет обратное преобразование информации из последовательного вида в параллельный, определяет достоверность считанной информации. Регистр управления записью и чтением является исполнительным органом, с помощью которого процессор управляет работой узлов записи и чтения.

Узел управления обменом по внутренней магистрали является исполнительным органом, с помощью которого процессор под управлением микропрограммного ПЗУ осуществляет пересылки данных по внутренней магистрали между процессором и другими узлами контроллера.

Узел управления обменами по системной магистрали осуществляет преобразование 16-разрядной системной магистрали в 8-разрядную внутреннюю магистраль, и наоборот, дешифрацию адресов контроллера и их буферизацию, выполняет обмены по системной магистрали в соответствии с временными требованиями, отрабатывает процедуру передачи векторного прерывания в системную магистраль.

Центральная ЭВМ имеет возможность управлять как контроллером, так и накопителем посредством манипуляции с восемью программно-доступными регистрами контроллера.

Перечень регистров контроллера

Наименование	Обозначение	Адрес
Регистр идентификации	РИ	174000
Регистр ошибок/предкомпенсации	РОШПК	174004
Регистр номера сектора/служебной зоны	РССЗ	174006
Регистр данных	РД	174010
Регистр номера цилиндра	РЦ	174012
Регистр номера поверхности	РП	174014
Регистр команд/состояния НМД	РКС	174016
Регистр состояния контроллера	РСК	174020

Взаимодействие ЭВМ и контроллера подчинено вполне определенному алгоритму, который заложен прежде всего в программах, «зашитых» в ПЗУ контроллера. В соответствии с этими алгоритмами процессор определенным образом трактует разряды регистров, а также осуществляет их переключение. Для пояснения алгоритмов взаимодействия ЭВМ с контроллером рассмотрим форматы регистров контроллера.

Специфика контроллера такова, что регистры не всегда доступны со стороны системной магистрали. Все регистры доступны только в том случае, если контроллер находится в состоянии «свободен». В случае, если он «занят» выполнением какой-либо операции, обращение к его регистрам по системной магистрали приводит к ошибке обращения по магистрали с вектором 4. Исключением является регистр состояния контроллера (РСК).

Регистр состояния контроллера имеет адрес на системной магистрали 174020. Формат регистра

15	8	7	6	3	0
Занят	Тип НМД	Требование данных	Разрешение прерываний	Сбор	Операция завершена

Разряды 0, 7, 8, 15 доступны только по чтению, 3, 6 — только по записи, остальные не используются.

Разряд (0) — «операция завершена». Устанавливается контроллером в состояние «1» по окончании выполнения команды. Обнуляется при обращении ЭВМ к РССЗ и РКС.

Разряд (3) — «сброс». При записи «1» со стороны ЭВМ в этот разряд контроллер выполняет процедуру начальной установки. Начальную установку контроллер осуществляет также при поступлении сигнала INIT по системной магистрали.

Разряд (6) — «разрешение прерываний». Запись «1» ЭВМ в этот разряд разрешит выработку контроллером процедуры передачи вектора прерывания. Запрет устанавливается либо программным обнулением, либо процедурой начальной установки.

Разряд (7) — «требование данных». Устанавливается контроллером в «1», если ЭВМ необходимо записать новое слово в буферное ОЗУ или, наоборот, прочитать. Обнуляется, если произошло обращение к РД или РИ. Устанавливается вновь, когда требуется очередная «подкачка» информации в БОЗУ. Это повторяется до полной записи или полного считывания буфера.

Разряд (8) — «тип НМД». Установлен в «1», если к контроллеру подключен накопитель МС 5401, и обнулен, если подключен МС 5402. В зависимости от типа НМД контроллер выбирает режим позиционирования, т. е. режим «медленный поиск», если разряд установлен, в противном случае — режим «быстрый поиск».

Разряд (15) — «занят». Контроллер устанавливает этот разряд в «1», когда занят выполнением текущей команды. Доступ к другим регистрам в это время запрещен.

Регистр команд / состояния НМД имеет адрес на системной магистрали 174016. Формат регистра:

14	13	12	11	8	7 6 5 4 3 2 1 0
НМД готов	Ошибка записи НМД	Установка завершена	Запрос буфера	Ошибка	Код команды

Старший и младший байт этого регистра совершенно независимы и имеют различную логическую функцию. Так, младший байт только пишется и является собственно регистром команд, а старший только читается, и по его состоянию можно судить о состоянии накопителя и контроллера после завершения операции. Перечень и коды команд, которые может выполнить контроллер:

Код команды	Операция
020	Позиционирование на 0-й цилиндр
040	Чтение заданного сектора
060	Запись заданного сектора
120	Форматирование дорожки

Назначение других разрядов регистра:

Разряд (8) — «ошибка». Контроллер устанавливает этот разряд в «1», если при выполнении

команды обнаружена ошибка. Конкретная причина ошибок указана в РОШПК.

Разряд (11) — «запрос». Устанавливается контроллером в «1», когда буфер готов к обмену данными. Остается в установленном состоянии до полного заполнения или полного считывания буфера.

Разряд (12) — «установка завершена». Этот разряд является отображением сигнала «установка завершена», поступающим с НМД. Состояние «1» этого разряда свидетельствует о том, что накопитель завершил позиционирование и готов для операции записи или чтения.

Разряд (13) — «ошибка записи НМД». Этот разряд также отражает состояние об ошибке, которое вырабатывает накопитель. Если этот разряд установлен, то запрещены запись и позиционирование.

Разряд (14) — «накопитель готов». Этот разряд также отражает состояние сигнала «готов» накопителя. Если разряд установлен в «1», то накопитель готов к операции записи, чтения или позиционирования.

Разряды 9, 10 и 15 регистра РКС не используются.

Регистр номера поверхности имеет адрес 174014. Доступен по записи и чтению. Под номер поверхности отведены только разряды 0...2, остальные разряды не используются.

Регистр номера цилиндра имеет адрес 174012. Доступен по записи и чтению. Номер цилиндра содержится в разрядах 0...9, остальные разряды не используются.

Регистр данных имеет адрес 174010. Доступен по записи и чтению. Через этот регистр происходит связь ЭВМ с буферным ОЗУ контроллера. Заполнение буфера или его считывание происходит при помощи разряда «требование данных» в РСК. При обращении к РД «требование данных» сбрасывается, и только после того, как контроллер вновь может передать следующее слово в буфер или из него, «требование данных» устанавливается вновь. Это повторяется до тех пор, пока не произойдет полная загрузка или полное считывание буфера. При этом обнулится разряд «запрос буфера» в РКС.

Регистр номера сектора служебной зоны имеет адрес 174006. Оба байта регистра доступны по записи или чтению, однако имеют различный логический смысл. Так, в разрядах 0—4 младшего байта содержится номер текущего сектора, а в старшем байте регистра можно записать информацию, которая перепишется в 1-й байт служебной зоны данных формата НМД. При чтении сектора 1-й байт служебной зоны можно прочитать из этого регистра. Разряды 5—7 регистра не используются.

Регистр ошибок / предкомпенсации имеет адрес 174004. Этот регистр также имеет совершенно различное назначение старшего и младшего байта. Причем старший байт доступен только по чтению, а младший — только по записи. Формат регистра:

В исходном состоянии, а также по

14	13	12	10	9	8	7 6 5 4 3 2 1
Ошибка КЦК данных	Ошибка КЦК заголовка	Заголовок не найден	Неисправность	Не найден цилиндр № 0	Не найден маркер данных	№ цилиндра начала предкомпенсации
Чтение						Запись

завершении любой команды в контроллере устанавливается такой режим работы, при котором предкомпенсация записи информации на диск, а также выдача сигнала «уменьшение тока записи» в НМД начинаются со 128-го цилиндра. Не вдаваясь в детали, поясним, что в накопителях на магнитных дисках в силу увеличения плотности записи на дорожках при движении к центру нарастает фазовое искажение считываемого с накопителя сигнала. Эти искажения могут приводить к повышению количества сбоев при чтении информации с накопителя. Поскольку эти искажения зависят от характера записанных данных, места их вероятного появления можно предсказать заранее еще при записи. В контроллере реализован механизм, называемый предкомпенсацией записи, который может быть включен по желанию пользователя. Предкомпенсация может помочь избавиться от фазовых искажений и тем самым повысить степень надежности считывания информации с накопителя. В принципе для разных типов накопителей требуется своя величина предкомпенсации и номер дорожки, с которой ее следует включать. Эти значения указываются в технических данных на накопитель либо определяются экспериментально с помощью контроллера. Для накопителей МС 5401 и МС 5402 требуется включать предкомпенсацию со 128-й дорожки, что и заложено программой, зашитой в ПЗУ контроллера. Однако в случае если к контроллеру будет подключен другой тип накопителя с другими требованиями по предкомпенсации, то предоставлена возможность программно изменить номер дорожки, с которой будет включаться предкомпенсация. Для этого в младший байт регистра РОШПК нужно в каждой команде заносить код, который вычисляется по формуле: $N \infty a/4$, где N — код, заносимый в регистр, a — номер цилиндра, с которого начинается предкомпенсация записи.

Следует еще раз подчеркнуть, что при реальной работе с накопителями МС 5401 и МС 5402 номер цилиндра предкомпенсации изменять не надо, поскольку все учтено в ПЗУ контроллера.

Информация в старшем байте регистра РОШПК имеет смысл только в том случае, если установлен бит «ошибка» в РКС, значение разрядов регистра приведено ниже.

Разряд (8) — «не найден маркер данных». Устанавливается контроллером в «1», если после безошибочного опознания заголовка не обнаруживается маркер данных при выполнении команды «чтение сектора».

Разряд (9) — «не найден 0-й цилиндр». Устанавливается контроллером в «1» при выполнении команды «позиционирование на 0-й цилиндр», если 0-й цилиндр не обнаружен после позиционирования через 1100 цилиндров.

Разряд (10) — «неисправность». Устанавливается контроллером, если:
— начальный автотест обнаружил неисправность в контроллере;
— получен несуществующий код команды;
— команда получена, но не выполняется из-за неисправности накопителя.

Разряд (12) — «заголовок не найден». Устанавливается контроллером, если заданный сектор не найден за два оборота диска.

Разряд (13) — «ошибка КЦК заголовка». Устанавливается контроллером, если параметры заданного заголовка найдены, а вычисленный контрольный цикличес-

кий код свидетельствует об ошибке чтения.

Разряд (14) — «ошибка КЦК данных». Устанавливается при выполнении команды «чтение сектора», если при вычислении КЦК считанных данных обнаружена ошибка.

Разряды 11 и 15 регистра не используются. Следует отметить, что очистка разрядов старшего байта происходит всегда при выполнении процедуры начальной установки или в начале выполнения новой команды.

Регистр идентификации имеет адрес 174000. Доступен только для чтения информации. Читается всегда восьмеричный код 401. При обращении к регистру обнуляется разряд «требование данных» РСК.

Рассмотрим далее, как взаимодействует ЭВМ с контроллером и какие процессы происходят в нем при выполнении команд.

Следует выделить общие правила, которые соблюдает контроллер при выполнении любой команды. Так, каждая команда начинается с того, что контроллер устанавливает в «1» разряд «ЗАНЯТО» в РСК. Затем сбрасывает «ЗАНЯТО» и устанавливает в «1» разряд «ОПЕРАЦИЯ ЗАВЕРШЕНА» в РСК. Если в процессе выполнения команды контроллер обнаруживает ошибку, то он устанавливает код ошибки в РОШПК и интегральный признак «ОШИБКА» в РСК.

Начальная установка

Процедуру начальной установки контроллер выполняет всякий раз, если на его ход пришел сигнал «INIT» из системной магистрали или произошла запись кода 10 в регистр РСК. Данная процедура представляет собой, по существу, специализированную команду, алгоритм которой представлен на рис. 3. Контроллер начинает выполнение данной процедуры с того, что в первую очередь устанавливает в «1» разряд «ЗАНЯТО» в РСК. Затем устанавливает в исходное состояние

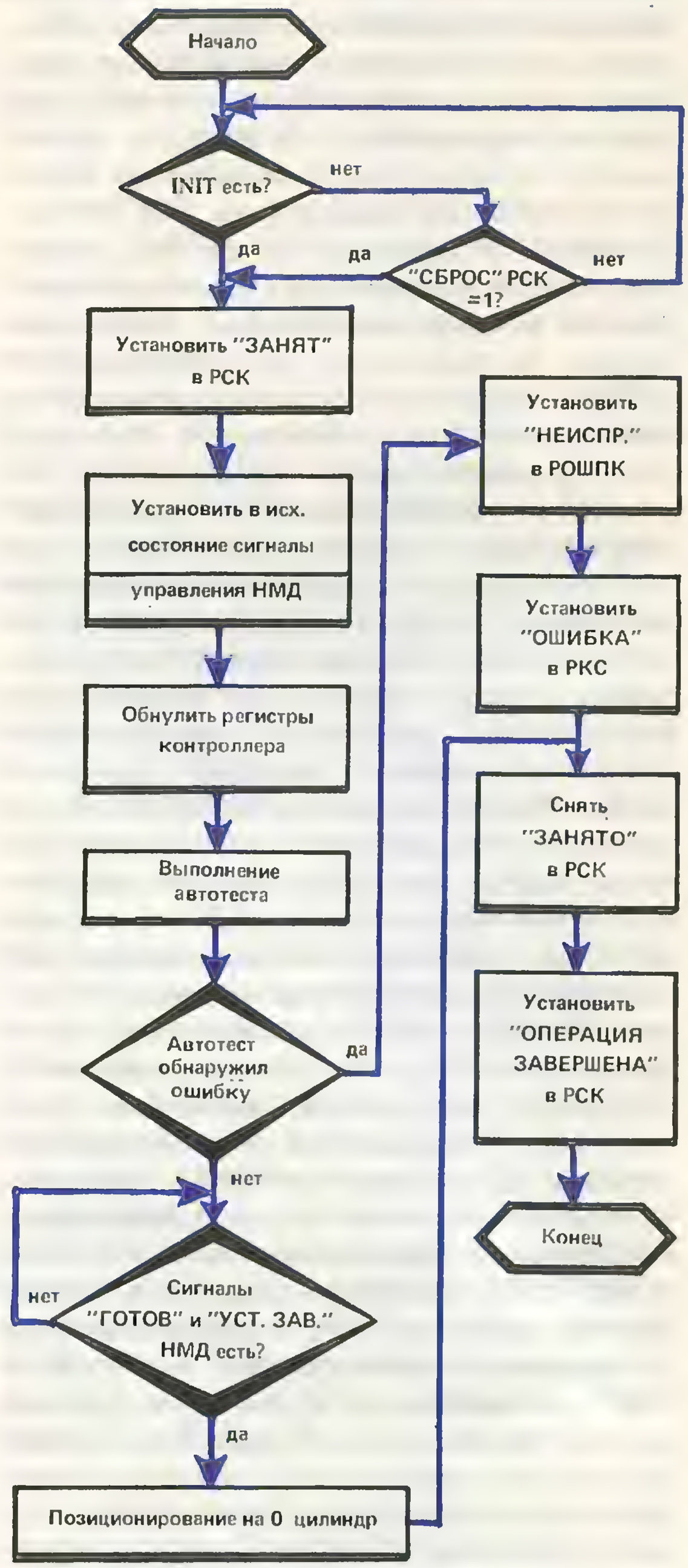


Рис. 3.

сигналы, которыми он управляет НМД, обнуляет внутренние регистры и выполняет автотест. В автотесте происходит проверка работоспособности буферного ОЗУ. При правильном завершении автотеста контроллер проверяет готовность накопителя и осуществляет позиционирование магнитных головок НМД на 0-й цилиндр. Контроллер завершает выполнение данной команды тем, что снимает признак «ЗАНЯТО» в РСК.

В случае когда автотест обнаруживает ошибку, контроллер устанавливает в «1» разряд «НЕИСПРАВНОСТЬ» в РОШПК и разряд «ОШИБКА» в РКС. В случае неисправности НМД, а именно когда НМД не вырабатывает любой из сигналов «ГОТОВ» и «УСТАНОВКА ЗАВЕРШЕНА», контроллер не выходит из состояния «занято».

Позиционирование на «0-й цилиндр»

Код команды 20. После снятия признака «ЗАНЯТО» в РСК контроллер проверяет наличие сигнала «0-й цилиндр», который вырабатывается НМД. Если сигнал отсутствует, то контроллер вырабатывает сигнал «шаг» и вновь проверяет признак «0-й цилиндр», и так до тех пор, пока НМД не спозиционирует на 0-й цилиндр и выработает соответствующий сигнал. В случае если за 1100 шагов сигнал «0-й цилиндр» не появился, контроллер устанавливает в «1» разряд «ошибка позиционирования на 0-й цилиндр» в РОШПК. Завершение операции обычное. Алгоритм выполнения команды представлен на рис. 4.

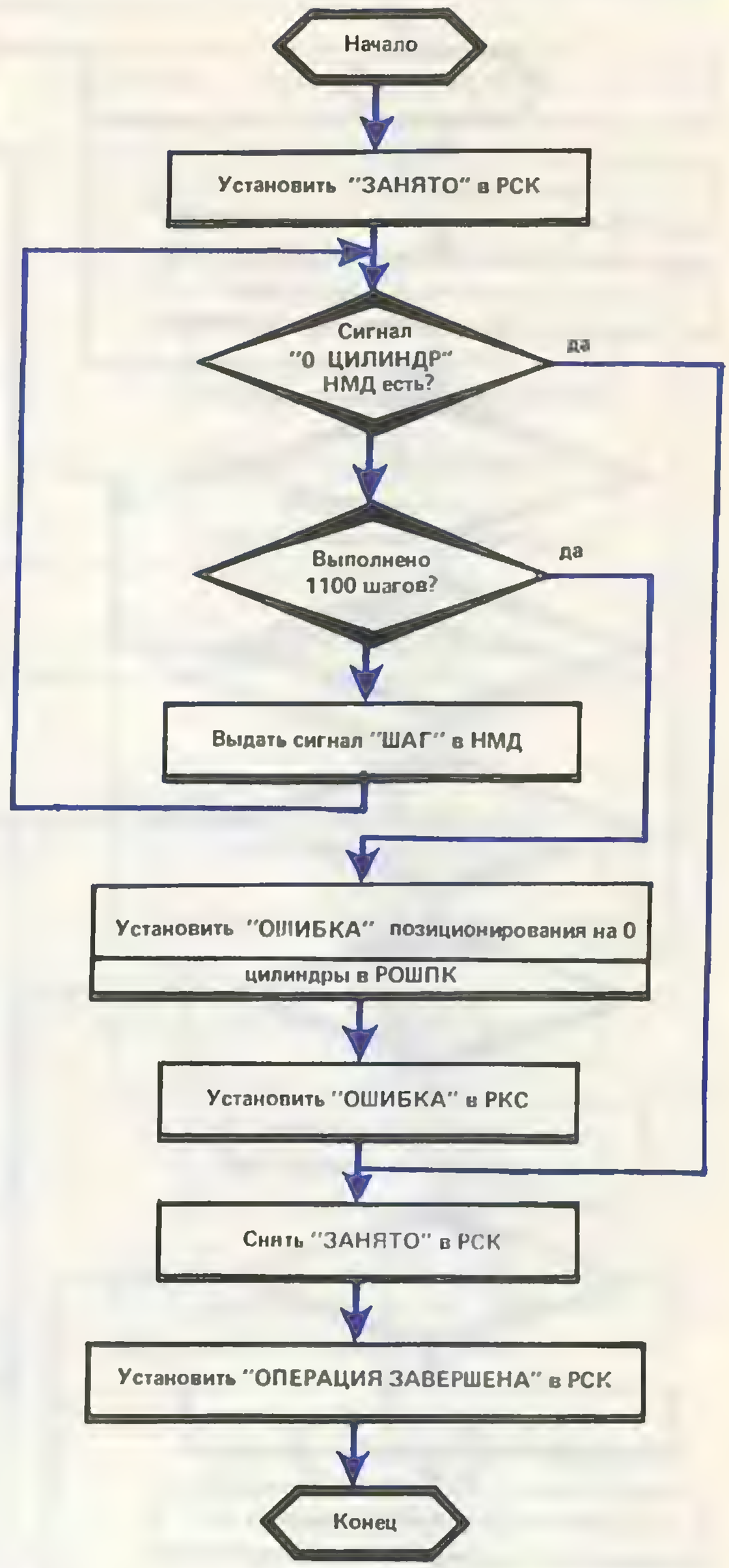


Рис. 4.

Чтение заданного сектора

Перед тем как задать код команды в РКС, необходимо записать в соответствующие регистры контроллера номер сектора, номер цилиндра и номер поверхности. Получив код команды, контроллер устанавливает признак «ЗАНЯТО» в РСК (рис. 5) и вычисляет число шагов, которые нужно выработать в НМД для перемещения на заданный цилиндр относительно текущего положения, и направление перемещения. После этого осуществляется сам процесс позиционирования на заданный цилиндр. Далее контроллер приступает к процедуре поиска заголовка, которая заключается в том, чтобы последовательно найти адресный маркер и параметры заголовка, равные заданным. Процедура поиска заголовка сектора ограничена во времени двумя оборотами диска. Поиск заголовка завершается просчетом контрольного циклического кода (КЦК) заголовка. В случае если КЦК заголовка равен нулю, контроллер приступает к поиску маркера данных. Если маркер данных найден, то происходит считывание данных с диска в буферное ОЗУ. Считывание данных завершается проверкой КЦК данных на равенство нулю. После этого контроллер устанавливает признак «ЗАПРОС БУФЕРА» в РКС и признак «ТРЕБОВАНИЕ ДАННЫХ» в РСК и снимает «ЗАНЯТО» в РСК. Эти признаки свидетельствуют о том, что

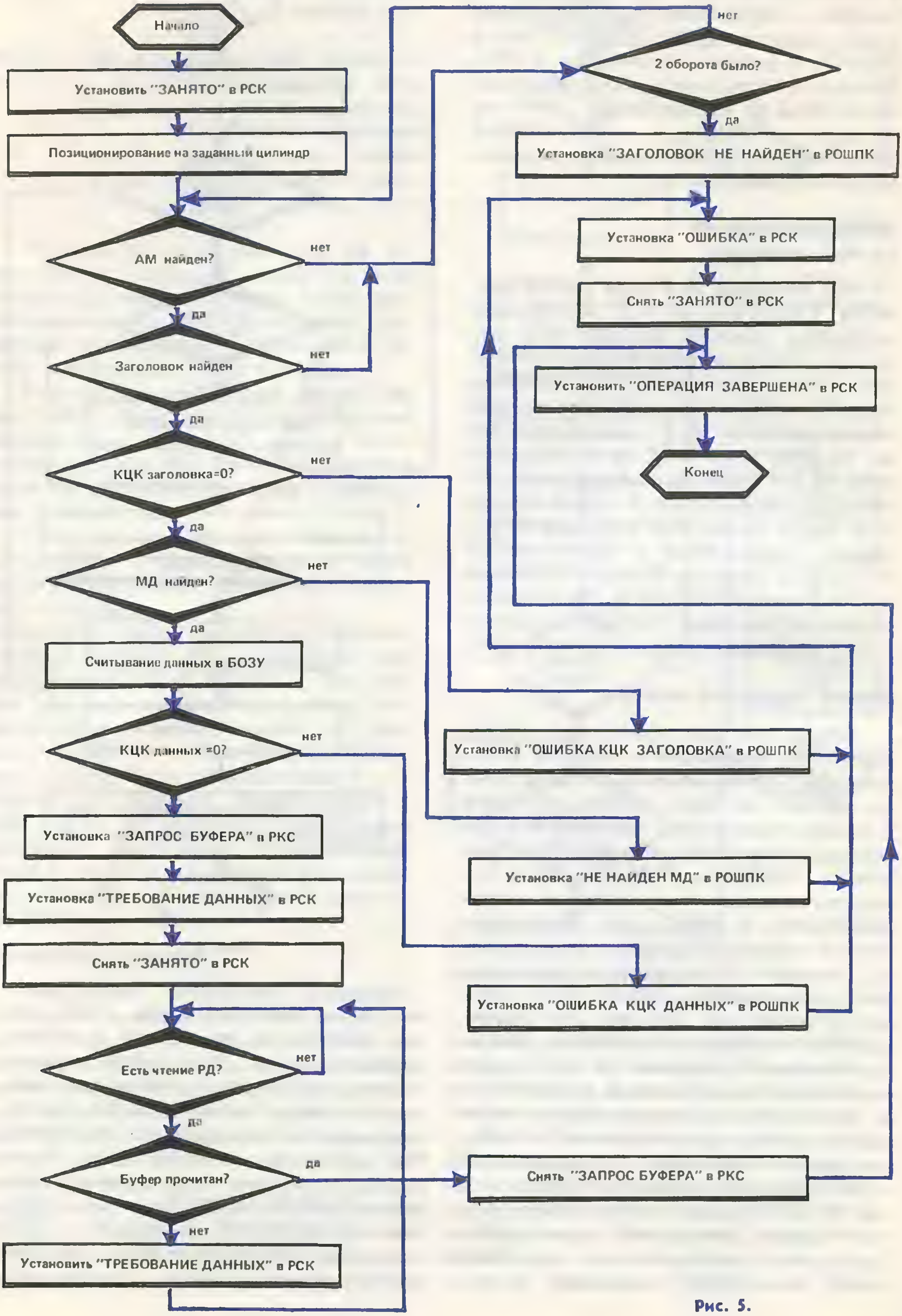

Начало
Установить "ЗАНЯТО" в РСК
Позиционирование на заданный цилиндр
АМ найден?
нет
да
Заголовок найден
нет
да
КЦК заголовка=0?
нет
да
МД найден?
нет
да
Считывание данных в БОЗУ
КЦК данных =0?
нет
Установка "ЗАПРОС БУФЕРА" в РКС
Установка "ТРЕБОВАНИЕ ДАННЫХ" в РСК
Снять "ЗАНЯТО" в РСК
Есть чтение РД?
нет
да
Буфер прочитан?
да
нет
Установить "ТРЕБОВАНИЕ ДАННЫХ" в РСК
нет
2 оборота было?
да
Установка "ЗАГОЛОВОК НЕ НАЙДЕН" в РОШПК
Установка "ОШИБКА" в РСК
Снять "ЗАНЯТО" в РСК
Установить "ОПЕРАЦИЯ ЗАВЕРШЕНА" в РСК
Конец
Установка "ОШИБКА КЦК ЗАГОЛОВКА" в РОШПК
Установка "НЕ НАЙДЕН МД" в РОШПК
Установка "ОШИБКА КЦК ДАННЫХ" в РОШПК
Снять "ЗАПРОС БУФЕРА" в РКС

Рис. 5.

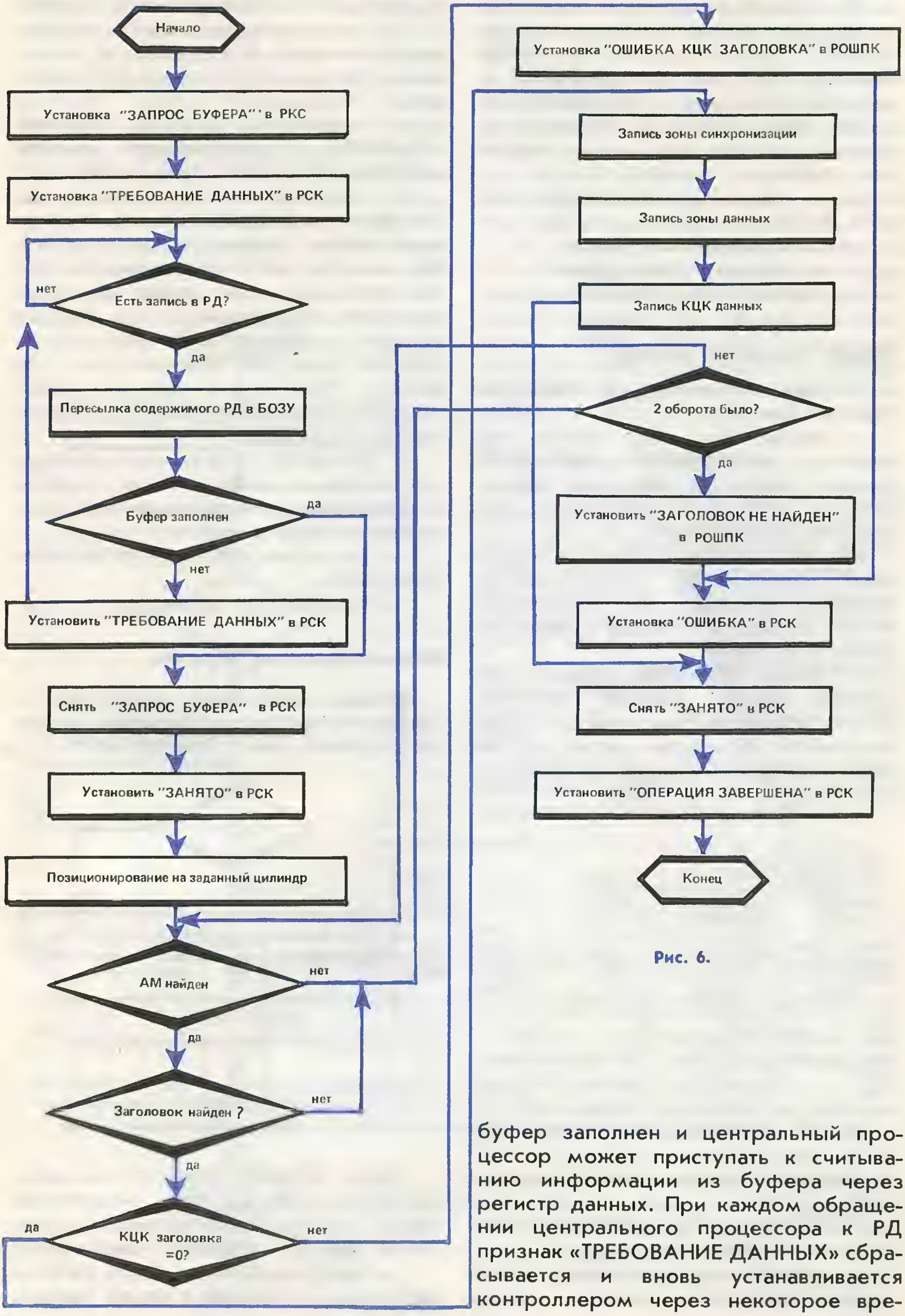


Рис. 6.

буфер заполнен и центральный процессор может приступать к считыванию информации из буфера через регистр данных. При каждом обращении центрального процессора к РД признак «ТРЕБОВАНИЕ ДАННЫХ» сбрасывается и вновь устанавливается контроллером через некоторое вре-

мя. Как только весь буфер будет прочитан, контроллер снимает признак «ЗАПРОС БУФЕРА» в РСК и устанавливает в РСК признак «операция завершена». На этом выполнение команды завершается. В процессе выполнения команды возможно появление следующих ошибок:

— не найден заголовок за два оборота диска;

— ошибка КЦК заголовка;

— не найден маркер данных;

— ошибка КЦК данных.

Запись заданного сектора

Команда выполняется в следующем порядке (рис. 6):

— перед тем как указать код команды, центральный процессор загружает параметры заголовка записываемого сектора в соответствующие регистры контроллера;

— центральный процессор заполняет буферное ОЗУ контроллера по таким же правилам, как происходило чтение буфера в команде «чтение заданного сектора»;

— после заполнения буфера контроллер снимает признак «ЗАНЯТО» в РСК, вычисляет направление перемещения и количество шагов для позиционирования на заданную дорожку и производит само позиционирование;

— контроллер осуществляет поиск нужного заголовка сектора;

— контроллер производит запись зоны синхронизации, маркера данных переписывает информацию с буферного ОЗУ на диск, записывает служебную зону, вычисляет КЦК данных и приписывает его на диск в конце служебной зоны;

— контроллер снимает признак «ЗАНЯТО» и устанавливает признак «ОПЕРАЦИЯ ЗАВЕРШЕНА» в РСК.

В процессе выполнения команды контроллер по необходимости производит запись с предкомпенсацией или без нее. Он выполняет запись с предкомпенсацией, если номер цилиндра заданного сектора равен или больше номера цилиндра, явно указанного в РОШПК. Если нет специального указания в РОШПК, то запись с предкомпенсацией осуществляется, начиная со 128-й дорожки.

В процессе исполнения команды могут быть выявлены только ошибки, связанные с поиском заданного заголовка сектора, а именно:

— не найден заголовок за два оборота диска;

— ошибка КЦК заголовка.

Форматирование дорожки

В ходе выполнения данной команды происходит запись заданной дорожки в соответствии с форматом:

16 секторов по 609 байт

Наименование зоны	Зона синхронизации	Зона заголовка					Промежуток № 1	Зона данных				Промежуток № 2	Промежуток № 3
		Адресный маркер	№ цилиндра	№ поверхности	№ сектора	Контрольный циклический код	Зона синхронизации	Маркер данных	Данные	Служебная зона	Контрольный циклический код		
Кол-во байт	13	1	1	1	1	1	2	2	13	1	1	512	16	2	2	40	672*
Информация	00	A1					КЦК	00	00	A1	80	XX	XX	КЦК	00	55	55

Примечание: Значения констант даны в шестнадцатеричной системе счисления.

Таким образом пишутся все заголовки, промежутки, зоны синхронизации и т. д. Последовательность выполнения данной операции следующая:

— центральный процессор записывает номер цилиндра и номер поверх-

ности в регистры контроллера и дает команду форматирования;

— по правилам работы с буферным ОЗУ центральный процессор заполняет буфер информацией, которая будет впоследствии записана в зону данных. Причем первые шестнадцать байт — это номера секторов, которые могут быть записаны в любом произвольном порядке чередования. В процессе форматирования физическое расположение секторов на диске повторяет тот порядок, в котором номера секторов были указаны в буферном ОЗУ;

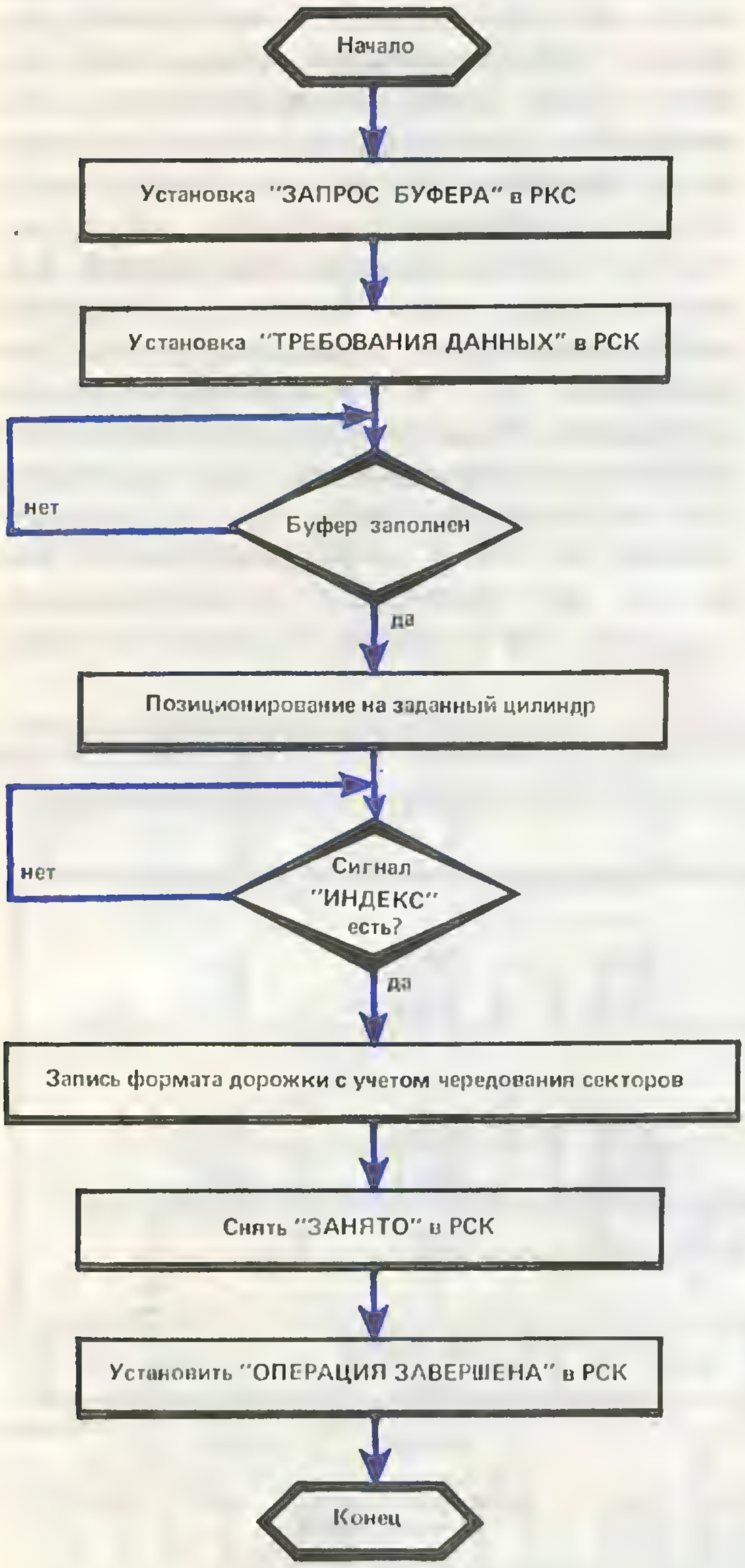


Рис. 7.

— контроллер осуществляет позиционирование на заданный цилиндр, дождавшись сигнала «индекс» от НМД, и записывает формат на заданную поверхность.

Алгоритм выполнения данной команды представлен на рис. 7.

В процессе выполнения команд контроллер может осуществлять прерывание работы центрального процессора по вектору 300. Процедура передачи вектора прерывания проходит в соответствии с правилами, определенными на системной магистрали МПИ.

Контроллер мини-дисков

Контроллер мини-дисков (КМД) предназначен для управления накопителями на гибких магнитных дисках типа «Электроника НГМД-6022» и «Электроника МС 5305», входящих в состав диалоговых вычислительных комплексов. КМД обеспечивает подключение до двух накопителей «Электроника НГМД-6022» или до четырех накопителей «Электроника МС 5305».

Контроллер обеспечивает программную настройку на один из трех возможных форматов записи:

Размер сектора	Кол-во секторов на дорожке	Информационная емкость одного диска (кбайт) накопителя типа	
		«Электроника НГМД-6022»	«Электроника МС 5305»
256	16	327,68	655,36
512	10	409,6	819,2
1024	5	409,6	819,2

Запись информации в НГМД осуществляется по методу модифицированной фазовой модуляции.

С момента появления в мировой практике ГМД диаметром 133 мм в 1977 г. при записи на них информации широкое распространение получили два метода: метод фазовой модуляции (ФМ) и метод модифицированной фазовой модуляции (МФМ).

В обоих методах используется один и тот же способ записи инфор-

мации на магнитную дорожку, часто называемый в технической литературе способом записи без возвращения к нулю с инверсией. По этому способу в соответствии с передаваемыми значениями двоичных битов осуществляется изменение направления магнитного потока в поле бита на дорожке. Причем изменение направления магнитного потока на протяжении интервала времени, соответствующего битовому элементу, означает запись «1», а отсутствие изменения направления магнитного потока на протяжении интервала времени битового элемента — запись «0». В ГМД диаметром 133 мм при скорости вращения диска 300 об/мин каждый битовый элемент имеет длительность 8 мкс для метода ФМ. Метод модифицированной фазовой модуляции отличается от метода ФМ только размещением (кодированием) информации вдоль дорожки, благодаря чему практически вдвое увеличивается продольная плотность записи. Различие в кодировании по этим методам можно видеть на рис. 8, где показано кодирование информационной посылки 11010001 двумя методами. На рис. 8 изображены синхроимпульсы (заштрихованы) и T_6-битовый интервал. При методе фазовой модуляции каждый битовый интервал начинается синхроимпульсом (всегда «1»). При передаче в информационной посылке «1» в середине битового интервала записывается «1» (имеет место изменение фазы магнитного потока). При передаче «0» в середине битового интервала изменение фазы магнитного потока отсутствует. Метод обеспечивает простое и надежное считывание информации с магнитной дорожки, так как каждый битовый интервал имеет свой синхроимпульс (по крайней мере одно фазовое изменение). Недостаток метода: относительно малая плотность записи.

По методу модифицированной фазовой модуляции битовый интервал выбирается вдвое меньше (4 мкс). При передаче «1» в середине битового интервала пишется «1» (изменение фазы магнитного потока). При передаче «0» не пишется. Чтобы при последовательности «0» в информационной посылке не срывалась синхронизация, принято, что в начало нулевых битовых

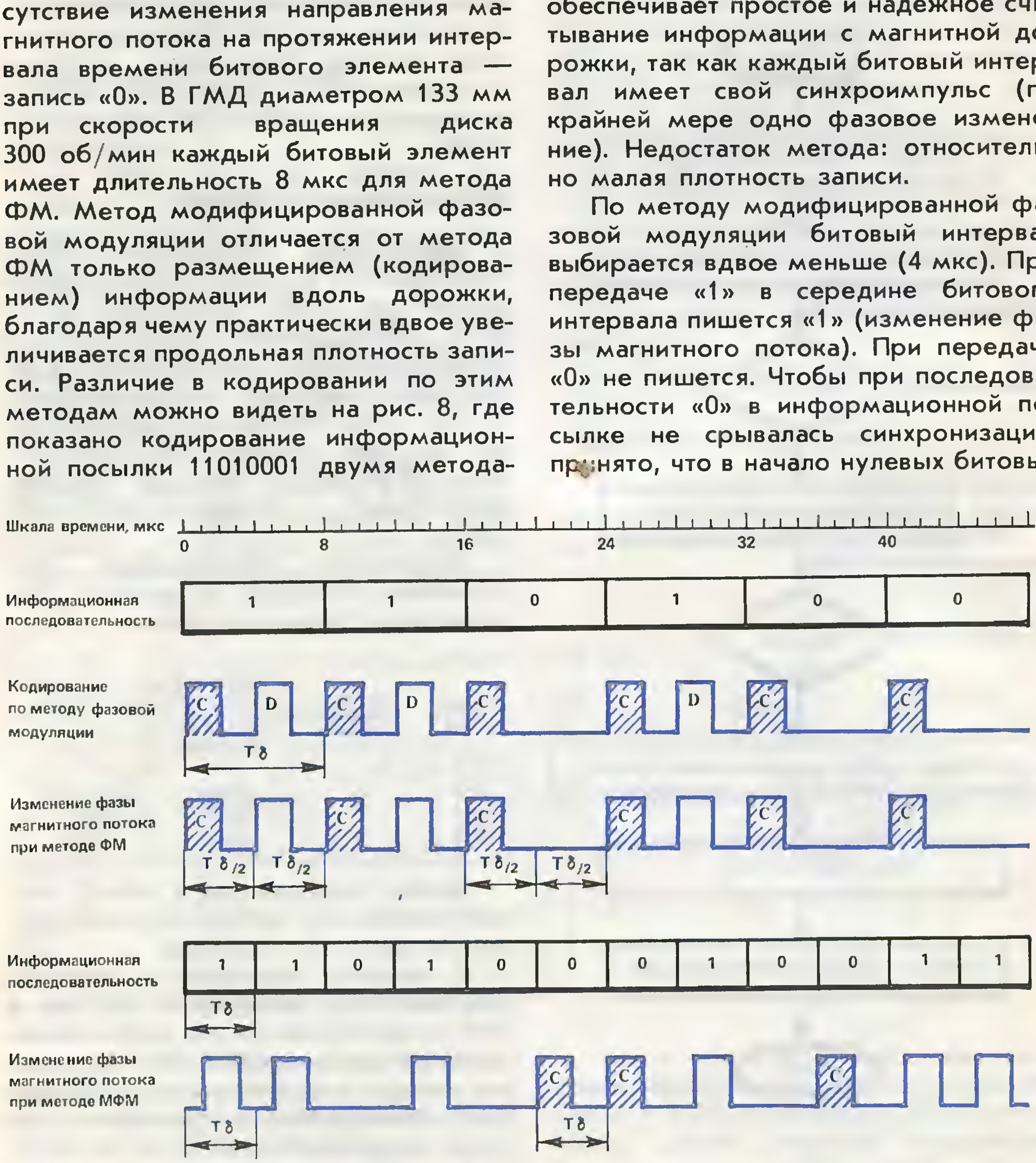


Рис. 8.

интервалов, начиная со второго, пишется синхроимпульс (изменение фазы). Таким образом, достигается удвоенная по сравнению с методом ФМ плотность записи, и практически, хотя бы один раз в течение интервала 8 мкс, имеет место изменение фазы.

Функционально КМД представляет собой устройство, которое может автономно выполнять некоторый набор команд, поступающий из микро-ЭВМ. Вместе с командой КМД получает указание о том, какой объем информации и в какую область памяти микро-ЭВМ требуется переписать информацию с гибкого диска. КМД автономно осуществляет поиск информации на гибком магнитном диске, пересылает информацию в (из) память (и) микро-ЭВМ в режиме прямого доступа, проверяет на корректность чтение информации с гибкого магнитного диска.

Структурно КМД (рис. 9) состоит из собственного микропроцессора ПРЦ, ПЗУ, ОЗУ и регистра начального пуска (РНП), объединенных внутренней магистралью. Связь внутренней магистрали с системной магистралью микро-ЭВМ происходит через устройство системного интерфейса (УИСМ). А связь внутренней магистрали КМД с интерфейсом накопителя на гибком магнитном диске осуществляется через устройство интерфейса накопителя (УИНГМД).

Интеллектуальным центром КМД является однокристальный микропроцессор КР1801ВМ1, программа работы которого записывается в процессе производства КМД в СБИС масочного постоянного запоминающего устройства К1801РЕ1. Микропроцессор КМД дешифрирует команды, поступающие из микро-ЭВМ ДВК, интерпретирует их и выполняет функции управления другими элементами КМД.

ОЗУ информационной емкостью 1К 16-разрядных слов, реализованное на одной БИС ОЗУ типа К1809РУ1,

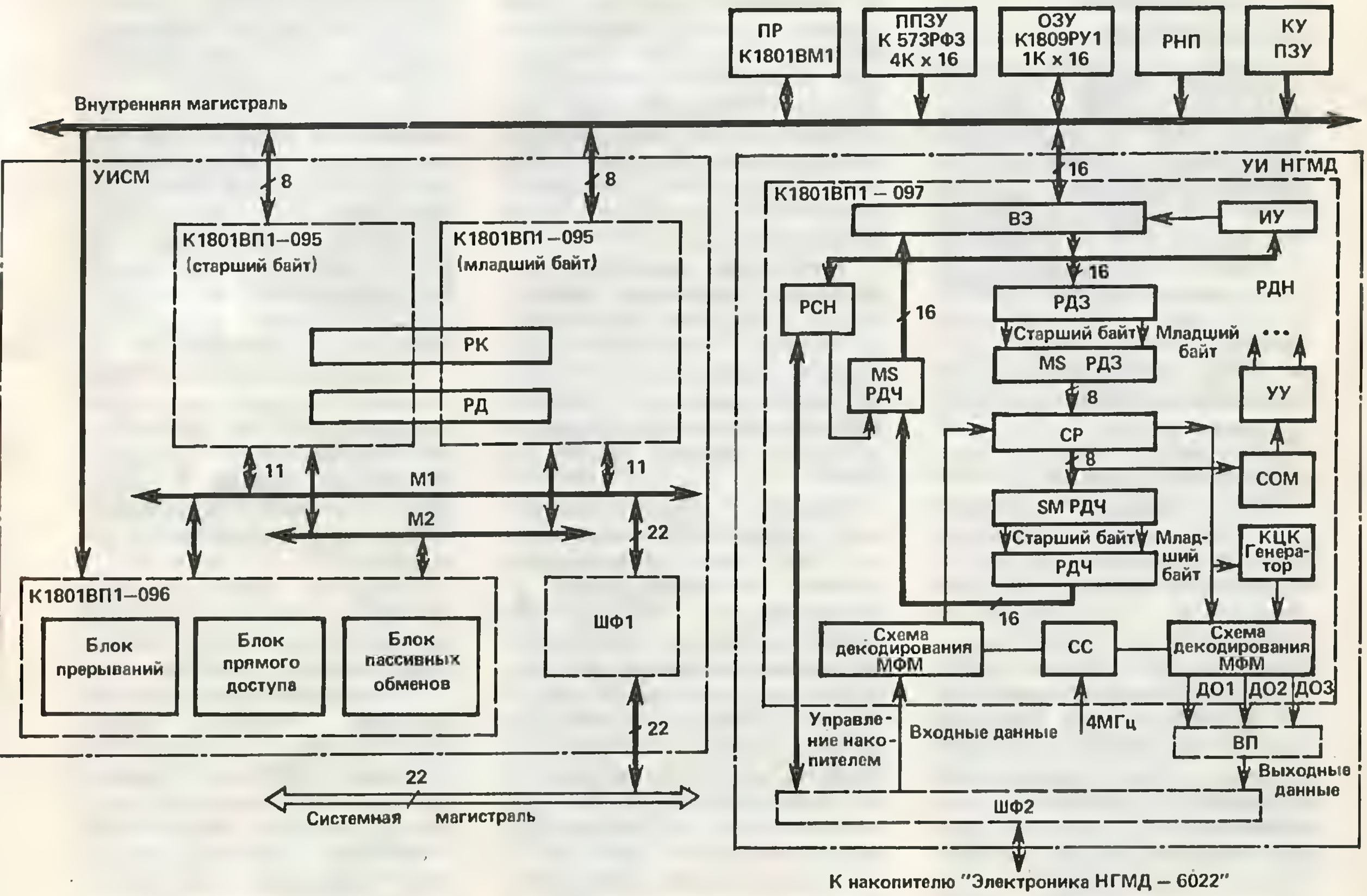


Рис. 9.

предназначено для хранения промежуточных данных, необходимых микропроцессору при выполнении команд.

Устройство интерфейса системной магистрали (УИСМ) построено с применением двух БИС К1801ВП1-095, одной БИС К1801ВП1-96, и шинных формирователей типа 531АП2П. Функционально это устройство представляет собой адаптер двух магистралей с одинаковым интерфейсом (внутренней магистрали КМД и системной магистрали микро-ЭВМ).

Устройство интерфейса накопителя на гибком магнитном диске (УИНГМД) построено с применением БИС К1801ВП1-128, внешнего предкорректора (ВП) и шинных формирователей 531АП2П (ШФ2). Структурно УИНГМД представляет собой сочетание адаптера внутренней магистрали КМД с интерфейсом НГМД типа «Электроника НГМД-6022» и устройства параллельно-последовательного преобразования информации с кодированием и декодированием по методу модифицированной фазовой модуляции.

При программной поддержке со стороны встроенного в КМД микропроцессора К1801ВМ1 (ЦИНГМД) обеспечивает выработку управляющих сигналов на накопитель, позволяет осуществлять форматирование дискет по стандарту фирмы IBM. По отношению к процессору КМД микросхема представляет собой пассивное устройство, которое содержит регистр состояния накопителя РСН с адресом 177130 и регистр данных накопителя РДН с адресом 177132. РСН — это параллельный

ЯЗЫКИ программирования

М. МАЛЫХИНА,
А. ЧАСТИКОВ

История языка АПЛ (APL) начинается с 1956 г. (ранее, чем АЛГОЛа и ФОРТРАНа), когда Кеннет Э. Айверсон, сотрудник Гарвардского университета (впоследствии сотрудник фирмы IBM и профессор названного университета), заявил о разработке, которая была закончена в 1961 г. Впервые язык был описан в 1962 г. в книге Айверсона «A Programming Language» («Некий язык программирования»), начальные буквы названия книги и дали имя новому языку.

Цель, которую преследовал Айверсон при создании языка (кстати, вначале он не называл его языком программирования), — это разработка компактной системы записи (нотации) для описания алгоритмов прикладной математики. В изобретенной Айверсоном оригинальной нотации большое число специфических соглашений и символов (в его алфавите, кроме обычных знаков, содержатся 58 специфических знаков, таких, как «сапог», «шапка», «посох», «дно» и т. д., и лигатуры, т. е. такие символы, которые возникают при наложении друг на друга двух символов). Соглашения и символы предназначены для точной и сжатой формулировки алгоритмов, которые затем можно вручную интерпретировать на различные языки программирования.

Очевидно, трудности технического характера, связанные с машинным воплощением богатой и всеобъемлющей системы символических обозначений, введенной Айверсоном, не позволили реализовать исходную версию языка на ЭВМ.

Впервые модифицированная версия АПЛ, названная АПЛ/360, была реализована в 1966 г. К. Айверсоном, А. Фалькоффом и группой сотрудников фирмы IBM на вычислительной системе IBM/360. Затем появились другие реализованные подмножества языка (в частности, АПЛ/700 — в машинах фирмы Burroughs), но все они опирались в той или иной степени на первоначальную реализацию 1966 г.

Какие отличительные особенности выделяют язык АПЛ среди других языков, почему с момента первых машинных реализаций не угасает интерес к нему программистов?

Во-первых, АПЛ — это один из наиболее мощных диалоговых языков, предназначенных для ЭВМ 3-го и 4-го поколений, надо сказать, что он и разрабатывался как диалоговый язык и был воплощен, как только была разработана экспериментальная система разделения времени на IBM/360.

Во-вторых, простота представления данных и отсутствие спецификаций при определении переменных. Основной структурой данных в языке АПЛ является однородный массив, содержащий числа или литеры.

В-третьих, простая обработка структур данных — в языке одинаково просто работать как с единичными элементами, так и с массивами произвольных размеров и структуры. Например, сложение матриц A и B в языке АПЛ записывается просто A+B, в то время как в языках, подобных ФОРТРАНу и АЛГОЛу, для выполнения этой операции потребуется организация двух вложенных

программируемый порт, который используется для выработки потенциальных интерфейсных сигналов на накопитель, для приема потенциальных сигналов с накопителя, а также для управления внутренними узлами микросхемы. Физически РДН состоит из двух однонаправленных регистров данных: регистра читаемых данных (РДЧ) и регистра записываемых данных (РДЗ), обращение к которым происходит по одному и тому же адресу (177132) в соответствующих режимах «чтение» или «запись».

Входные элементы (ВЭ) обеспечивают подключение регистров микросхемы (РСН, РДЧ, РДЗ) к двунаправленным линиям АД00 — АД15 внутренней магистрали КМД. Интерфейсный узел (ИУ) осуществляет дешифрацию адресов регистров (177130 и 177132) и выработку управляющих сигналов для записи и чтения.

Мультиплексор РДЗ (MS РДЗ) подключает ко входам регистра сдвига либо старший, либо младший байт РДЗ. Сдвиговый регистр в режиме «запись» преобразует параллельную информацию из РДЗ в последовательную: в режиме «чтение» осуществляет обратное преобразование последовательной информации с гибкого магнитного диска в параллельный код. Демультиплексор РДЧ (MS РДЧ) подключает выходы РС либо к старшему, либо к младшему байту РДЧ. Мультиплек-

АПЛ

В 1981 г. в Сан-Франциско состоялась конференция по развитию языка АПЛ, где собрались представители многих ведущих фирм. На ней были сформулированы основные направления развития АПЛ, связанные с упрощением языка (обеспечением однообразия, универсальности, простоты понимания программ, краткости и экономичности программирования), и возможности его использования на микро- и мини-ЭВМ. Особо подчеркивалась необходимость стандартизации языка.

циклов (в АПЛ нет понятия цикла) и нескольких операторов. Наличие в АПЛ мощных средств работы с массивами создает особый стиль программирования и определяет силу этого языка.

В-четвертых, в АПЛ используется целый ряд примитивных одноместных и двухместных функций (операций). На основе этих функций вырабатываются разнообразные сложные функции, что создает предпосылки к расширяемости языка.

В-пятых, АПЛ имеет простую синтаксическую структуру. В нем отсутствует понятие главной программы. Подпрограммы взаимодействуют друг с другом только через вызовы и во время исполнения, причем каждая подпрограмма состоит из перенумерованных строк, а каждая строка содержит одно выражение.

Язык приобрел широкое применение в сфере образования благодаря возможности диалогового обучения, хотя АПЛ меньше подходит к решению больших программ, в частности к решению экономических и управленческих задач из-за ограниченных структур данных.

В конце 70-х гг. в нашей стране был реализован модифицированный вариант языка АПЛ, получивший название APLVIDEO. Трудности разработки APLVIDEO были аналогичными, что и при первых реализациях, — отсутствие отечественных терминалов с соответствующей клавиатурой, адекватной необычной символике Айверсона. В своем первоначальном варианте система функционировала на ЕС-1022 с пишущей машинкой ЕС-7077 в качестве терминала, в дальнейшем появился дисплейный вариант системы на базе группового коммутатора и 15 терминалов «Видеотон-340».

Черты необычности и своеобразия АПЛ не нашли своего воплощения в языках, созданных позднее (за исключением языка SETL), хотя язык оказал влияние на архитектуру некоторых вычислительных систем, в частности, векторные машинные команды в ЭВМ STAR-100 фирмы Control Data являются аппаратной реализацией операций над массивами в языке АПЛ.

Литература

1. Iverson K. E. A Programming Language. — N. V. — London; J. Vileg a Sons Inc., 1962.

2. Пратт Т. Языки программирования. Разработка и реализация. — М.: Мир, 1979.

3. Гилман Л., Роуз А. Курс АПЛ: диалоговый подход / Пер. с англ. — М.: Мир, 1979.

4. Широков Ф. В. Язык АПЛ — основные концепции / Алгоритмы и организация решения экономических задач. — М.: Статистика, 1980. — Вып. 14.

5. Малашинин И. И., Кононов А. И. Реализация АПЛ на ЕС ЭВМ / Прикладная информатика. — М., 1981. — Вып. 1.

сор РДЧ (MS РДЧ) обеспечивает передачу информации во внутреннюю магистраль либо с РДЧ, либо с РСИ.

Схема кодирования МФМ обеспечивает: а) кодирование информации по методу МФМ; б) пропуск синхроимпульсов при записи адресного маркера или маркера данных; в) выдачу закодированной информации по трем линиям Д01, Д02, Д03 во внешний прекорректор (ВП). Схема декодирования МФМ осуществляет восстановление закодированной информации в вид, удобный для дальнейшего преобразования (двоичный последовательный код).

Схема опознания маркера (СОМ) обнаруживает при чтении информации с НГМД маркер адреса или маркер данных. КЦК-генератор при записи информации на носитель вырабатывает циклический контрольный код. Контрольный код приписывается в конце процедуры записи к порции информации. При чтении КЦК-генератор осуществляет проверку считанной информации на достоверность.

По интерфейсу НГМД передаются потенциальные управляющие сигналы на накопитель и ответные сигналы состояния накопителя. УИНГМД осуществляет проверку на корректность считываемой информации с гибкого диска. Для синхронизации работы КМД с НГМД в УИНГМД имеются два регистра: регистр данных накопителя (РСН) и регистр данных накопителя (РДН). Таким образом, КМД включает набор из четырех регистров (РК, РД, РСН, РДН), с помощью которых осуществляется как управление самим контроллером со стороны микро-ЭВМ, так и управление накопителями. Адреса регистров РК и РД со стороны системной и внутренней магистралей:

Регистр	Адреса регистров		
	Со стороны системной магистрали		Со стороны внутренней магистрали
	для 22-разрядных адресных шин	для 16-разрядных адресных шин	
РК	17 772 140	172 140	177 100
РД	17 772 142	172 142	177 102

Как отмечалось ранее, для выполнения некоторой команды микро-ЭВМ передает в КМД конкретное командное слово и задает дополнительно соответствующий список параметров, конкретный для данной команды (рис. 10). Список параметров формируется в ячейках ОЗУ микро-ЭВМ предварительно. Контроллер, получив код команды, по своей инициативе обращается в режиме прямого доступа к ячейкам ОЗУ микро-ЭВМ, хранящим список параметров, и считывает их содержимое в ОЗУ КМД.

В двух младших разрядах (0,1) первого слова списка параметров (рис. 10) указывается номер привода накопителя, с которым по данной команде необходимо провести операцию записи или чтения. Во втором разряде первого слова указывается поверхность ГМД, к которой осуществляется доступ («1» — верхняя, «0» — нижняя поверхность). Во втором слове и разрядах (08—13) первого слова записывается адрес массива данных (00—15 и 16—21 соответственно) в ОЗУ микро-ЭВМ. В старшем байте третьего слова — номер дорожки и в младшем байте — номер сектора, начиная с которых необходимо провести запись или чтение. В четвертом слове — количество слов массива данных, который необходимо записать (считать) на (С) ГМД.

Другими словами, список параметров определяет адрес первого слова ОЗУ микро-ЭВМ, адрес первого сектора на ГМД и количество передаваемых слов.

Взаимодействие микро-ЭВМ с КМД при выполнении команды начинается с того, что микро-ЭВМ формирует в ОЗУ список параметров, «дожидается», когда будет завершена предыдущая команда, проверяет, что предыдущая команда выполнена корректно и затем записывает в РК код новой команды.

Контроллер в ответ на это требует сообщить адрес списка параметров. Микро-ЭВМ, получив требование, записывает в РД КМД начальный адрес списка параметров. В ответ на что КМД приступает к выполнению команды.

Слово	Бит 15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00
1-е			Расширение начального адреса массива данных (16÷21)											Поверхность	Номер привода	
2-е	Начальный адрес массива данных (00÷15)															
3-е	Номер дорожки									Номер сектора						
4-е	Количество слов массива данных															

Рис. 10

Считав список параметров, например, при выполнении команды «чтение», КМД приступает к поиску нужного накопителя, нужной стороны, дорожки и сектора ГМД.

Если сектор контроллером найден, то он осуществляет пересылку массива данных с ГМД в ОЗУ микро-ЭВМ в режиме прямого доступа. Контроллер сам проводит проверку на соответствие данных параметров его возможностям, а также проверку корректности считанной информации по циклическому контрольному коду.

Конструктивно КМД выполнен на полуплате конструктива «Электроника 60» с габаритными размерами 252×135×12 мм. Напряжение питания +5В+5%; ток потребления не более 2А.

Одноплатная микро-ЭВМ «Электроника МС 1201-04»

Микро-ЭВМ, используемая в данной персональной ЭВМ, является «старшим» представителем ряда одноплатных микро-ЭВМ типа «МС 1201». Она содержит ряд устройств, объединенных общей внутренней магистралью, а также ряд вспомогательных схем, обеспечивающих обмен информацией между этими устройствами.

На рис. 11 представлена структурная схема рассматриваемой микро-ЭВМ.

В состав микро-ЭВМ входят:

— центральный процессор (ПРЦ);

— системное постоянное запоминающее устройство (СПЗУ);

— системное оперативное запоминающее устройство (СОЗУ);

— оперативное запоминающее устройство (ОЗУ);

— контроллер печатающего устройства;

— контроллер последовательного канала;

— адаптер магистралей.

Центральный процессор реализован на БИС КР1801ВМ3.

СПЗУ выполнено на БИС К1801РЕ1 (4К слов, по 16 разрядов в слове) и предназначено для реализации пуль-

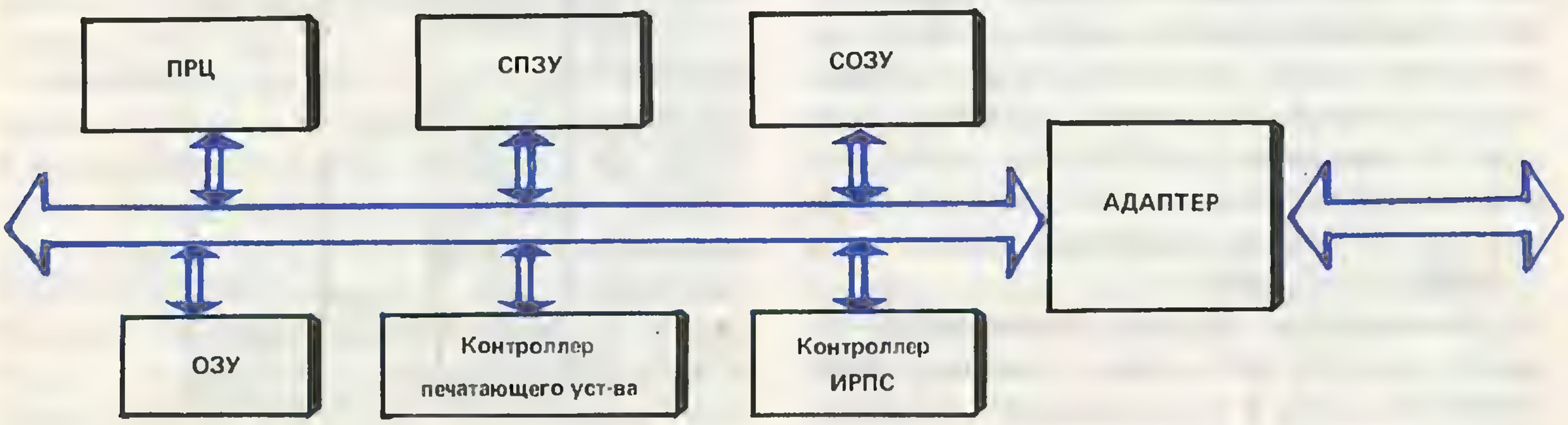


Рис. 11

тового режима работы микро-ЭВМ. В этом режиме, помимо команд клавиатурного монитора, обеспечивается выполнение диагностических тестов, хранящихся в СПЗУ.

СОЗУ выполнен на двух микросхемах К537РУ8А (2К×8 БИТ в каждой) и совместно с СПЗУ обеспечивает выполнение команд в пультовом режиме микро-ЭВМ, а также в некоторых других случаях работы ЭВМ.

ОЗУ, точнее накопитель памяти, выполнен на микросхемах 565РУ7 (44 микросхемы) и обеспечивает прием, хранение и чтение 512К 16-разрядных слов. Для обнаружения и коррекции одиночных ошибок при считывании информации каждое слово «защищено» в ОЗУ модифицированным кодом хемминга. С этой целью в накопителе каждое слово сопровождается 6-разрядным контрольным кодом. Операция обнаружения и коррекции ошибок при считывании информации из ОЗУ «скрыта» от пользователя. В состав ОЗУ входит также блок управления памятью. Данный блок выполнен на микросхеме К1801ВП1-119 и осуществляет выработку управляющих сигналов для ОЗУ, СОЗУ, СПЗУ и схемы обнаружения и коррекции ошибок, адаптера магистрали.

Контроллер печатающего устройства выполнен на основе БИС К1801ВП1-033 и К1801ВП1-034 и обеспечивает вывод информации по асинхронному параллельному интерфейсу типа ИРПР на внешнее устройство. В отличие от известного интерфейса ИРПР, имеющего два канала: канал передачи информации и канал приема информации. В данной ЭВМ реализован только канал передачи информации. Процессор при выдаче информации использует два регистра контроллера: регистр состояния и регистр данных. На внешнее устройство информация и управляющие сигналы поступают из ЭВМ с выходов элементов 155ЛП9 и 155ЛН1.

Контроллер последовательного канала выполнен на основе БИС К1801ВП1-065. В предыдущих моделях ПЭВМ типа ДВК обычно последовательный канал микро-ЭВМ использовался для связи с дисплейной частью ПЭВМ. В описываемой модели ПЭВМ последовательный канал «освобожден» от этих функций и может быть использован для других целей (например, для подключения графопостроителя).

Адаптер магистралей выполнен на микросхеме КР531АП2 и обеспечивает согласование электрических параметров внутренней «маломощной» магистрали микро-ЭВМ с внешней магистралью.

Однокристальный 16-разрядный микропроцессор КМ1801ВМ3

Микропроцессор КМ1801ВМ3 выполнен по n-МОП технологии. Его кристалл имеет размеры 6,65×8 мм, содержит около 200 тыс. элементов и размещается в 64-выводном корпусе (условное графическое обозначение микропроцессора приведено на рис. 12).

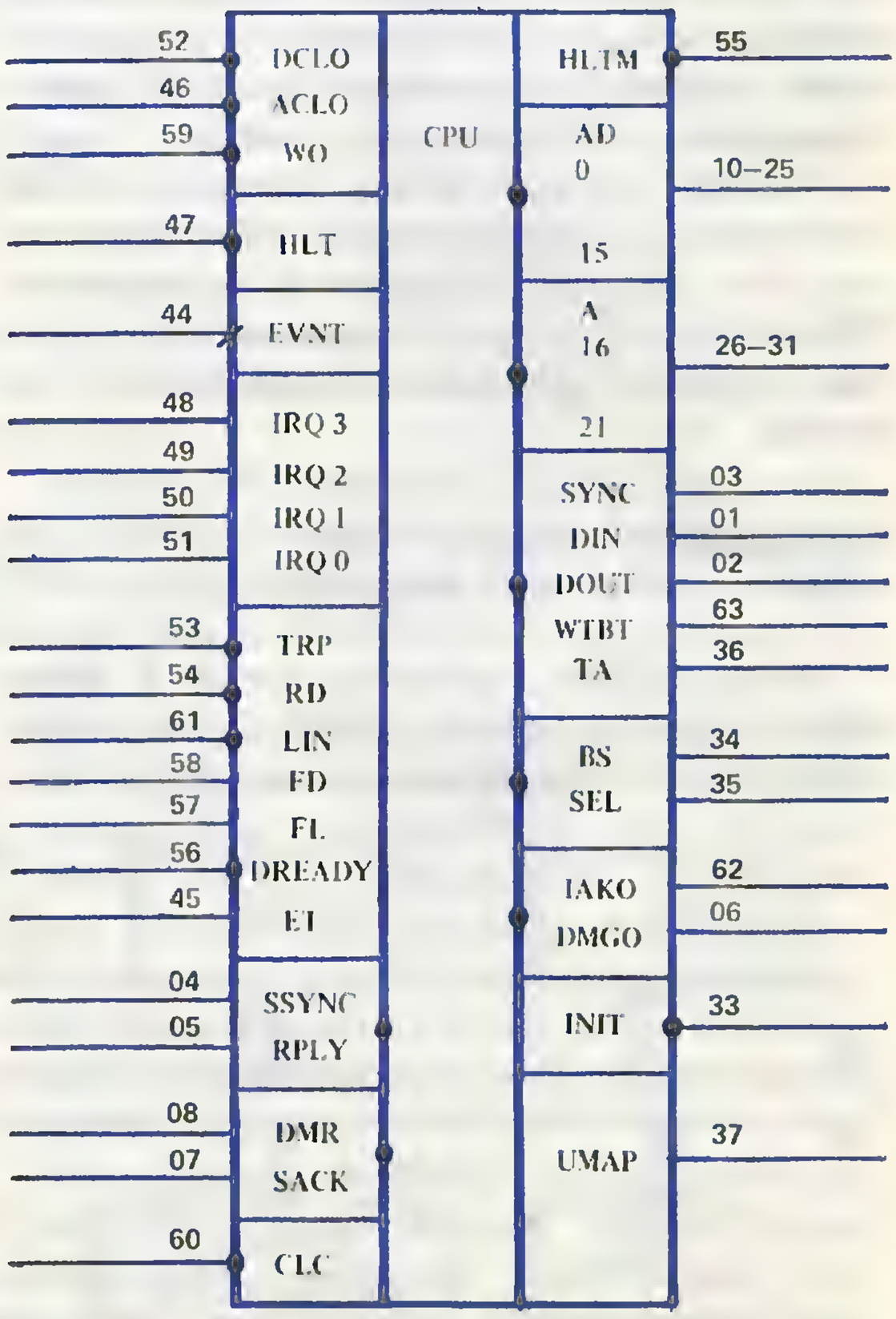


Рис. 12

Рис. 13

В составе одноплатной микро-ЭВМ данная микросхема управляет распределением времени использования системной магистрали, внешними устройствами и выполняет все необходимые арифметические операции по обработке информации. Она содержит восемь программно-адресуемых быстродействующих регистров общего назначения (РОН), широко используемых при выполнении различных команд. Микропроцессор (МП) может обрабатывать как 16-разрядные слова, так и байты и 32-разрядные слова. Возможность использования восьми методов адресации позволяет эффективно осуществлять обработку данных, хранимых в РОНе или ячейке памяти.

Структурная схема микропроцессора К1801ВМ3 представлена на рис. 13. Блоки соединены между собой шиной адреса и данных, которая предварительно преобразовывается в блоке КСМ, а также специальными информационными и управляющими сигналами.

Контроллер системной магистрали осуществляет управление выборкой последовательности команд из ОЗУ ЭВМ. Выполнение команды в общем случае состоит из четырех этапов: формирование адреса команды, выборка команды, анализ команды (разбор) и подготовка микропрограммы к выполнению команды. Исходя из этого, в ПРЦ на различных этапах одновременно обрабатываются четыре команды (0-ая, +1, +2 и +3). Управление таким совмещением производится данным блоком. Контроллер также осуществляет арбитраж на «захват» системной магистрали другими устройствами ЭВМ в режиме простого обмена и в режиме прямого доступа.

Операционный блок осуществляет прием данных и их хранение в регистрах, вырабатывает адреса векторов прерываний, выполняет арифметико-логические операции над операндами с выработкой признаков, необходимых для формирования состояний процессора, а также участвует в выполнении команд с плавающей запятой, команд расширенной арифметики и управления диспетчером памяти.

Блок микропрограммного управления преобразует поступающие на его вход очередные команды в последовательность микрокоманд с учетом управляющих воздействий от ОБ, КСМ и БПР.

Блок прерываний осуществляет прием и приоритетную обработку запросов на прерывания (как внешние, поступающие из магистрали, так и внутренние). БПР вырабатывает признак наличия прерывания, указывает адрес вектора прерывания и сигнал на переход к пультовому режиму.

Диспетчер памяти обеспечивает расширение адресного пространства в ЭВМ с 32 К слов до 2 М слов (слово содержит 2 байта).

Широко распространенный способ

повышения производительности ЭВМ при решении многих задач — увеличение объема ОЗУ ЭВМ. Такое увеличение (расширение) ОЗУ поддерживается увеличением количества двоичных разрядов представления адреса на входе в ОЗУ. Так, микропроцессор К1801ВМ3 при обращении к ОЗУ формирует 22-разрядный физический адрес ОЗУ, т. е. адрес конкретной ячейки ОЗУ. С другой стороны, система команд рассматриваемого микропроцессора ориентирована на работу с 16-разрядными адресами, при этом каждая конкретная пользовательская программа (подпрограмма) оперирует в адресном пространстве объемом 2^{15} слов (ячеек памяти).

Адреса, которыми оперирует программа, называются виртуальными.

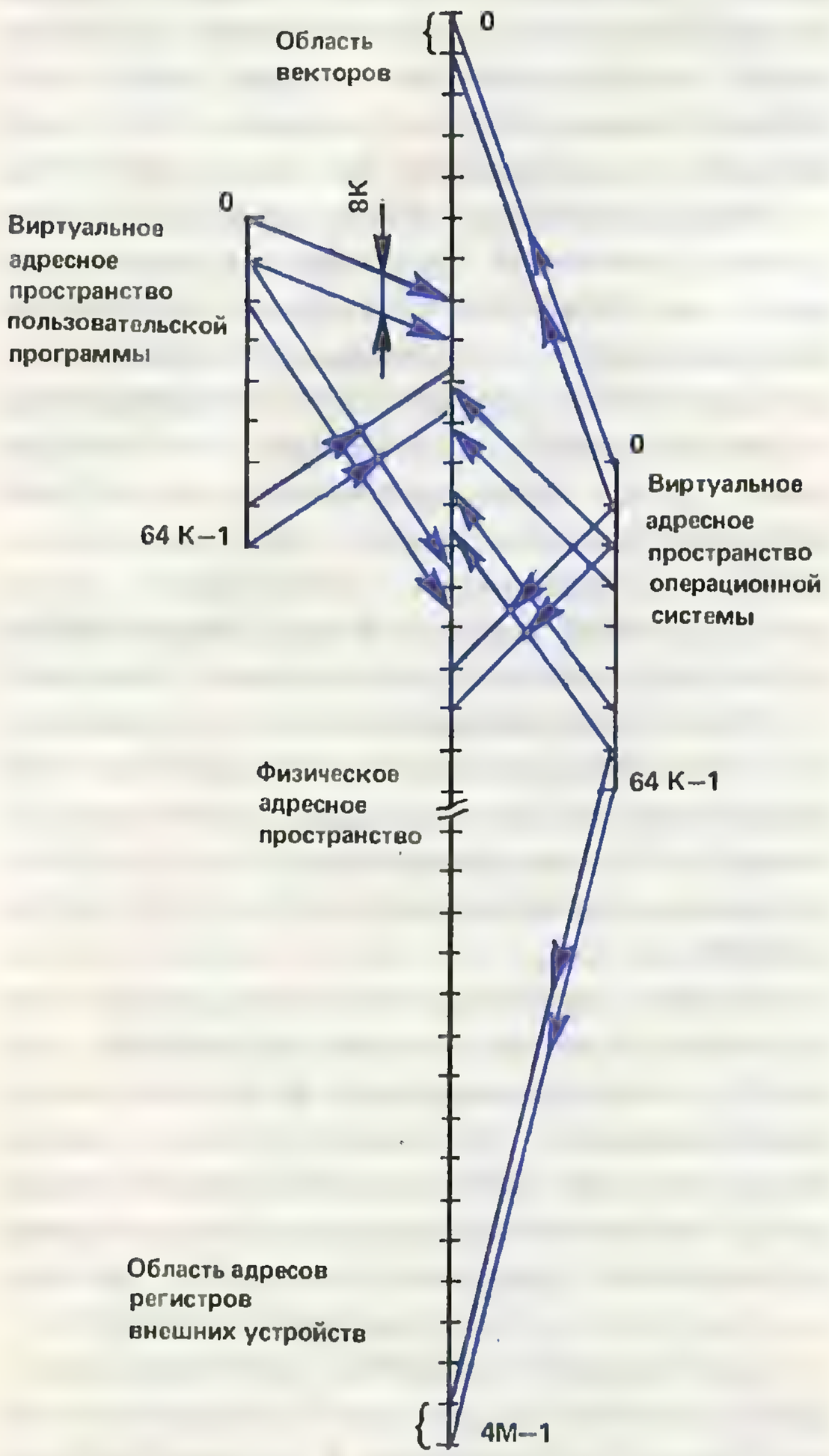


Рис. 14

Основной задачей диспетчера памяти является преобразование виртуальных адресов каждой программы в физические адреса ОЗУ.

Каким образом это осуществляется? Виртуальные 16-разрядные адреса, поступающие на вход ДП из внутренней магистрали данных, преобразуются в 22-разрядный физический адрес ЭВМ. Для этой цели в ДП имеются две группы регистров: группа регистров режима операционной системы и группа регистров режима пользователя. Каждая группа состоит из восьми пар регистров — регистр адреса страницы / регистр, признака страницы (РАР / РДР). В процессе преобразования три старших разряда виртуального адреса (15, 14, 13) определяют номер конкретной пары регистров РАР / РДР. Для вычисления физического адреса оставшаяся часть виртуального адреса суммируется с содержимым регистра адреса страницы, сдвинутым влево на шесть разрядов. Результат суммирования является физическим адресом. На рис. 14 схематично представлено преобразование виртуальных адресов в физические при выполнении пользовательских и системных программ.

Диспетчер памяти обеспечивает три вида защиты памяти:

— разрешены запись и считывание;

— разрешено только считывание;

— запрещен любой доступ.

Нарушение защиты предотвращается ДП, что необходимо в системах с разделением времени.

Система команд микропроцессора КМ1801ВМ3

Команда		
Мнемоника	Код	
HALT	000000	останов
WAIT	000001	ожидание
RTI	000002	возврат из прерывания
BPT	000003	командное прерывание для отладки
IOT	000004	командное прерывание для ввода-вывода
RESET	000005	сброс внешних устройств
RTT	000006	возврат из прерывания
JMP	0001DD	безусловный переход
RTS	0002OR	возврат из подпрограммы
JSR	004RDD	обращение к подпрограмме

Продолжение

Команда		
Мнемоника	Код	
EMT	104000	командное прерывание
	104377	для системных программ
TRAR	104400	командное прерывание
	104777	
NOP	000240	нет операции
CLC	000241	очистка C
CLV	000242	очистка V
CLZ	000244	очистка Z
CLN	000250	очистка N
SEC	000261	установка C
SEV	000262	установка V
SEZ	000264	установка Z
SEN	000270	установка N
SCC	000277	установка всех разрядов (N, C, V, C)
CCC	000257	очистка всех разрядов (N, Z, V, C)
SWAB	0003DD	перестановка байтов
CLR (B)	*050DD	очистка
COM (B)	*051DD	инвертирование
INC (B)	*052DD	прибавление единицы
DEC (B)	*053DD	вычитание единицы
NEG (B)	*054DD	изменение знака
ADC (B)	*055DD	прибавление переноса
SBC (B)	*056DD	вычитание переноса
TST (B)	*057DD	проверка
ROR (B)	*060DD	циклический сдвиг вправо
ROL (B)	*061DD	циклический сдвиг влево
ASR (B)	*062DD	арифметический сдвиг вправо
ASL (B)	*063DD	арифметический сдвиг влево
MARK	0064NN	восстановление указателя стека
SXT	0067DD	расширение знака
MTPS	1064SS	запись слова состояния программы
MFPS	1067DD	чтение слова состояния программы
MOV (B)	*1SSDD	пересылка
CMP (B)	*2SSDD	сравнение
BIT (B)	*3SSDD	проверка разрядов
BIC (B)	*4SSDD	очистка разрядов
BIS (B)	*5SSDD	логическое сложение
XOR	074RDD	исключающее или
ADD	06SSDD	сложение
SUB	16SSDD	вычитание
BR	0004XX	ветвление безусловное
BNE	0010XX	ветвление, если не равно (нулю)
BEQ	0014XX	ветвление, если равно (нулю)
BGE	0020XX	ветвление, если больше или равно (нулю)
BLT	0024XX	ветвление, если меньше (нуля)
BGT	0030XX	ветвление, если больше (нуля)
BLE	0034XX	ветвление, если меньше или равно (нулю)
SOB	077RNN	вычитание единицы и ветвление

Продолжение

Команда		
Мнемоника	Код	
BPL	1000XX	ветвление, если плюс
BMI	1004XX	ветвление, если минус
BHI	1010XX	ветвление, если больше
BLOS	1014XX	ветвление, если меньше или равно
BVC	1020XX	ветвление, если нет арифметического переполнения
BVS	1024XX	ветвление, если арифметическое переполнение
BHIS, BCC	1030XX	ветвление, если нет переноса
BLO, BCS	1034XX	ветвление, если есть перенос
MUL	070RSS	умножение
DIV	071RSS	деление
ASH	072RSS	сдвиг на «N» разрядов одного слова
ASHC	073RSS	сдвиг на «N» разрядов двойного слова
MFPD	1065SS	засылка слова данных в стек текущей моды по адресу предварительной моды
MFPI	065SS	засылка слова инструкции в стек текущей моды по адресу предварительной моды
MTPD	106DD	засылка слова данных из стека текущей моды по адресу предварительной моды
MTPI	066DD	засылка слова инструкции из стека текущей моды по адресу предварительной моды

Сокращения, принятые в таблице:

DD — приемник,
SS — источник,
R — регистр процессора,
* — «0» для слова, «1» для байта,
XX — смещение 8 разрядов,
NN — смещение 6 разрядов.

ОДНОПЛАТНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЛЕР ЦВЕТНОГО СИМВОЛЬНО-ГРАФИЧЕСКОГО ДИСПЛЕЯ

А. А. ШИШКЕВИЧ
В. С. БЕЗОБРАЗОВ

Важнейшим атрибутом современных ПЭВМ являются средства ввода и вывода на экран дисплея цветного графического изображения с высокой разрешающей способностью и высокой скоростью воспроизведения. Если архитектура и производительность процессора, информационная емкость ОЗУ и ВЗУ на гибких и жестких магнитных дисках характеризуют внутренние интеллектуальные возможности ПЭВМ, то возможности ввода и вывода символьно-графической информации на экран дисплея характеризуют лицо ПЭВМ, ее интерфейс связи с человеком.

Здесь приведены основные технические характеристики одного из средств машинной графики для ПЭВМ типа ДВК, контроллера цветного графического дисплея, разработанного в Московском институте электронной техники по заданию промышленности.

Контроллер представляет собой автономную микро-ЭВМ, реализующую функции цветного символьно-графического дисплея. Аппаратурные средства контроллера позволяют с достаточной степенью точности эмулировать такие дисплеи фирмы DEC, как VT-52, VT-100, VT-125, VT220, VT240, VT241 [5]. Контроллер обеспечивает следующие режимы разрешения: при прогрессивной развертке монитора (60 Гц) — высокое 240×800×2 бит, среднее 240×400×4 бит; при чересстрочной развертке монитора (30 Гц) — высокое 480×800×2 бит, среднее 480×400×4 бит.

Обеспечивается динамическое совмещение режимов высокого и среднего разрешения по экрану монитора с точностью до четырех точек и возможность начала каждой строки изображения с произвольного адреса видеоОЗУ.

Одновременно на экране дисплея можно использовать любые 16 из 64 возможных цветов. Общее число палитр 2^{96}. Предусмотрены четыре градации яркости при выводе черно-белого изображения. Контроллер разработан для использования в составе ПЭВМ типа ДВК «Электроника НЦ 8020/4» [1] и обеспечивает работу с цветным видеомонитором «Электроника МС 6106.02» [2] и с блоком клавиатуры «Электроника МС 7004». Имеется интерфейс для подключения к контроллеру диалогового устройства ввода типа манипулятор «мышь».

Микро-ЭВМ контроллера включает процессор, ОЗУ, ПЗУ, многоканальный коммутатор (МК), объединенные внутренней магистралью контроллера (ВМК), рис. 15. Процессор (на микропроцессоре К1801ВМ2Б [3]) выполняет программы эмуляции стандартных графических дисплеев и пользовательские программы, размещаемые в ПЗУ и ОЗУ. Быстродействие процессора в КЦГД при выполнении программ, хранимых в ПЗУ (типа К1801РЕ2), — 770 тыс. опер/с, при выполнении программ, хранимых в адресуемом ОЗУ, программ/данных — 640 тыс. опер/с. Обмен информацией процессором с видеоОЗУ, составляющим часть ОЗУ, осуществляется в темпе работы процессора, не вызывая искажений символьно-графического изображения на экране монитора. ОЗУ предназначено для хранения отображаемой графической информации (видеоОЗУ), таблиц адресов строк, таблиц регенерации программ/данных для процессора. Информационная емкость внутреннего ОЗУ программ/данных — 32 кбайт, видеоОЗУ — 96 кбайт. Наличие достаточно большого внутреннего ОЗУ программ/данных (32 кбайт) позволяет пользователю легко перепрограммировать контроллер для специальных применений. Информационная емкость внутреннего ПЗУ программ/данных — 24 кбайт.

Подключение контроллера к центральному микропроцессору ПЭВМ типа ДВК по стандартным адресам и векторам прерывания системного терминала магистрали ДВК. Скорость об-

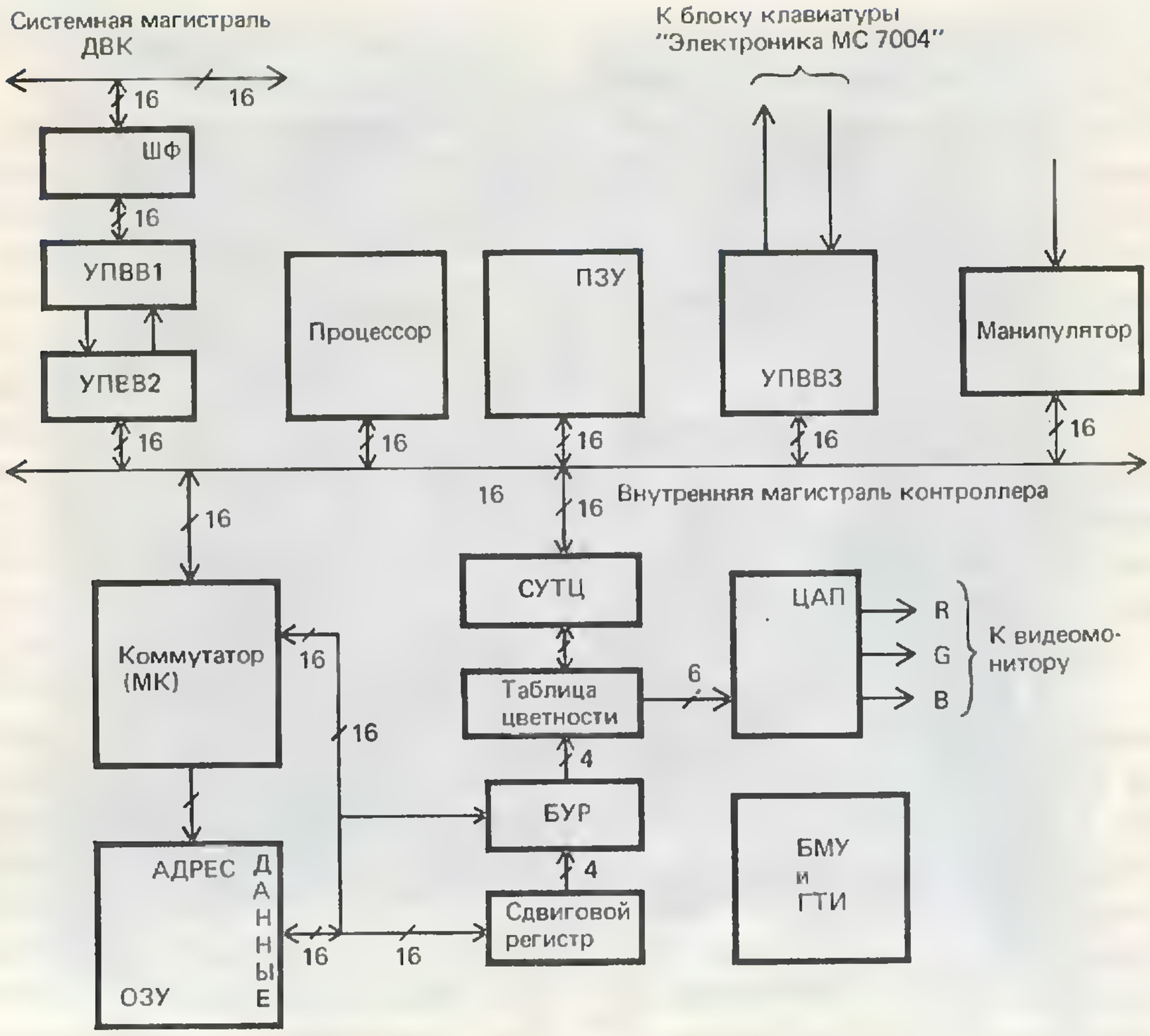


Рис. 15

мена информацией между центральным микропроцессором и контроллером не менее 5 кбайт/с. Многоканальный коммутатор служит для обмена информацией между процессором и ОЗУ, а также для формирования адресов регенерации видеоОЗУ.

Средства постпроцессорной обработки видеоизображения включают (см. рис. 15) сдвиговый регистр, таблицу цветности со схемой управления (СУТЦ), блок управления разрешением (БУР), генераторы тактовых импульсов (ГТИ) и блок микропрограммного управления (БМУ). Регистр сдвига (RG→) обеспечивает согласование скорости считывания видеоинформации из ОЗУ и скорости ее выдачи на монитор дисплея, а также согласование режимов регенерации видеоинформации и обращения ПРЦ к ОЗУ.

Таблица цветности представляет собой двухпортовое ОЗУ, предназначенное для оперативного хранения таблицы одновременно наблюдаемых на экране монитора цветов. Через схему управления (СУТЦ) осуществляется смена из магистрали содержимого таблицы цветности. Блок управления разрешением проводит выборку регистров таблицы цветности в зависимости от текущего режима разрешения (800 и 400 точек в строке).

Интерфейсные средства контроллера поддерживают четыре интерфейса: системной магистрали ДВК, блока клавиатуры «Электроника МС 7004», манипулятора «мышь» (ИМ), видеомониторов «Электроника МС6106.01» или «Электроника МС 6106.02» (через ЦАП).

Через УПВВ1 и УПВВ2 осуществляется связь 16-разрядной магистрали контроллера с системной магистралью ДВК. ШФ служит для электрофизического согласования контроллера с системной магистралью ДВК. Через УПВВ3 осуществляется связь контроллера с блоком клавиатуры «Электроника МС 7004».

При разработке КЦГД применена следующая элементная база БИС микропроцессорного комплекта К1801: К1801ВМ2Б, КР1801ВП1-065, КР1801ВП1-033, КР1801РЕ2; БИС микропроцессорного комплекта КР1802:

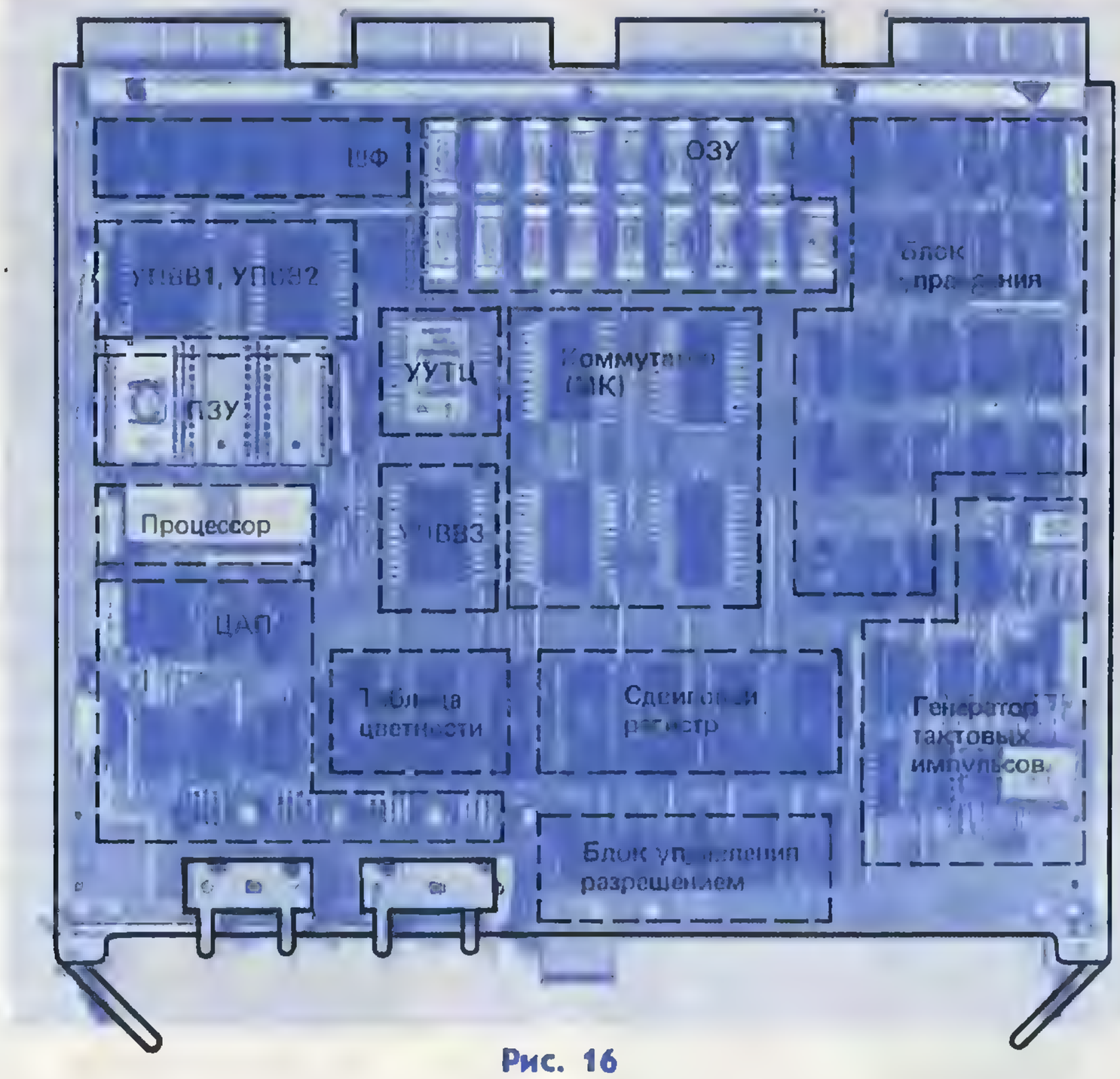


Рис. 16

КР1802ВВ1, КР1802ИР2, БИС ОЗУ КР565РУ5Д, БИС ПЗУ КР556РТ4, ИС серий К555, К531, КР142ЕН1.

Конструктивно контроллер выполнен в виде стандартной платы микро-ЭВМ «Электроника 60» и имеет габаритные размеры 252×296×13 мм (рис. 16). Напряжение источников питания и соответствующий ток потребления: +5 В±5%, 4 А; +12 В±50%, 0,1 А; —12 В±5%, 0,05 А. Наработка на отказ не менее 10 000 ч, средний срок службы не менее 10 лет. Промышленное производство контроллера освоено в 1988 г.

Литература

Кокорин В. С. и др. Тенденция развития диалоговых вычислительных комплексов // Микропроцессорные средства и системы. — 1986. — № 4. — С. 11—15.

Сорока С. И. и др. Видеомонитор для персональных ЭВМ // Микропроцессорные средства и системы. — 1986. — № 4. — С. 34—36.

Дшхунян В. Л. и др. Однокристальные микропроцессоры комплекта БИС серии К1801 // Микропроцессорные средства и системы. — 1984. — № 4. — С. 12—17.

Мячев А. А., Иванов В. В. Интерфейсы вычислительных систем на базе мини- и микро-ЭВМ. — М.: Радио и связь, 1986. — 248 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДВК

Ожидается, что в дальнейшем семейство персональных ЭВМ будет развиваться в двух направлениях: совершенствование функциональных характеристик массово выпускаемой модели ДВК-3, а также создание перспективных моделей.

Совершенствование направлено в первую очередь на увеличение производительности микро-ЭВМ, информационной емкости внешних запоминающих устройств и на улучшение технологичности ДВК. В таблице на с. 33, 45 приведены сравнительные технические характеристики различных моделей диалогового вычислительного комплекса. В ПЭВМ типа ДВК-3 (3М2) увеличение информационной емкости ВЗУ достигнуто за счет использования накопителя на ГМД типа МС 5305, увеличение информационной емкости ОЗУ до 256—512 кбайт за счет применения в одноплатной микро-ЭВМ БИС ОЗУ К565РУ5 и однокристального микропроцессора К1801ВМ3, обеспечивающего адресацию памяти до 4 Мбайт.

Повышение технологичности, а следовательно, снижение себестоимости достигнуто в ДВК-4 путем замены трехплатной дисплейной части ДВК (КСД, УС, КГД) на одноплатный интеллектуальный контроллер символьно-графического дисплея (КЦГД).

Создание ДВК-4 позволит использовать одноплатную микро-ЭВМ «Электроника МС 1201.04» на базе однокристального микропроцессора КМ1801ВМ3. При этом информационная емкость ОЗУ будет доведена до 1 Мбайт. В качестве внешнего накопителя наряду с НГМД типа МС 5305 планируется использовать накопитель на жестких магнитных дисках (накопитель винчестерского типа) информационной емкостью от 5 до 20 Мбайт.

Комплектация ДВК-4 цветным монитором «Электроника МС 6106» в сочетании с интеллектуальным контроллером цветного символьно-графического дисплея (КЦГД) обеспечит два режима вывода символьно-графической информации: высокого (240×800 точек) и среднего (240×400 точек) разрешения. При этом одновременно смогут отображаться 16 цветов из общего числа возможных 64 цветов.

Планируется расширить области применения ДВК, в частности создать на их основе АРМ и локальные сети ПЭВМ, в связи с этим ряд модификаций ПЭВМ типа ДВК будет включать графопостроитель и кодировщик, графический манипулятор «мышь», контроллеры локальных сетей. Планируется ввод информации в ДВК с голоса.

Предполагается, что снижение себестоимости и рост объема выпуска ДВК будут достигнуты за счет снижения себестоимости периферийных устройств и использования последних достижений электронной промышленности в создании БИС ОЗУ, микропроцессоров, интерфейсных БИС и заказных БИС.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

К сожалению, приходится признать, что ни рецензент, ни автор, ни редактор, ни типография не смогли толково, оперативно и без брака подготовить в выпуске «Аппаратный состав ЭВМ» (№ 5, 1988) статью «Интегральные схемы логических операций». Ниже приводим список допущенных опечаток. Все поправленные символы выделены жирным шрифтом.

Страница, колонка	Должно быть
10	
левая	На рис. 1б заштрихованное поле должно быть обозначено $\overline{\mathbf{A}}$
11	
левая	$\mathbf{N} = Q + P = P + Q$
12	
левая	$Y = [B \cdot (A + \overline{A}) + \mathbf{C} \cdot \mathbf{A} + \mathbf{C} \cdot \overline{\mathbf{A}} \cdot \mathbf{B} + \overline{\mathbf{C}}] \cdot \overline{A}$
правая	вместо $Y = \overline{A}$ должно быть $\mathbf{Y} = \overline{\mathbf{A}} \cdot \mathbf{(B + \overline{C})}$
правая	$\ldots + (\overline{C} \cdot A + A) \cdot B\} \cdot (C + A) = \mathbf{C + A \cdot B}$
правая	$\overline{\mathbf{A + B}} = \overline{A} \cdot \overline{B}$ $\overline{\mathbf{A \cdot B}} = \overline{A} + \overline{B}$
13	
правая	$A \cdot \mathbf{F}$
14	$\mathbf{F \cdot W} \cdot$
левая	0 0 0
левая	$\mathbf{F \cdot W}$ (15 строка сверху)
16	
левая	$Y = [(1 \cdot 0 + 1) \cdot 1 + \mathbf{0(0 \cdot 0 + 1)}] \cdot 1 \cdot 1 = [(0 + 1) \cdot 1 + \mathbf{0(0 + 1)} \cdot 1 = \mathbf{[1 + 0]} \cdot 1 = 1 \cdot 1 = 1.$
правая	сказывание **B**, и «У котенка есть усы» — высказывание **A**),
19	
левая	закону **противоречия** $A \cdot \overline{\mathbf{A}} = 0$
левая	$= \mathbf{a \cdot \overline{b} \cdot c \cdot \overline{d} \cdot c + a \cdot \overline{b} \cdot a \cdot c + a \cdot b \cdot \overline{b} \cdot \overline{a} \cdot c} + a \cdot \overline{b} \cdot b \cdot c \cdot \overline{c}$

Продолжение на стр. 45

ОСТОРОЖНО, КОМПЬЮТЕР

Со временем человек создает себе среду обитания и условия жизни все более и более искусственные. А чем искусственнее среда, тем сильнее мы: зависим от надежности техники и от ее отказов, если они происходят. С одной стороны, техника укрывает человека, создает ему комфорт, безопасность, но с другой — ставит его в зависимость от своего безотказного функционирования. Существует уже целая фактотека разнообразных компьютерных ошибок: от смешных и безобидных до весьма дорогостоящих и, так сказать, «чреватых». Вот несколько примеров.

Скромная семья миланских пенсионеров неожиданно обнаружила, что ее годовой доход составляет почти один миллион долларов, пишет французская газета «Матэн». Вскоре выяснилось, что «миллионерами» они стали в результате ошибки ЭВМ, которая приписала им чужие богатства. Но одна из итальянских газет успела все-таки посвятить новоявленным «богачам» первую страницу выпуска.

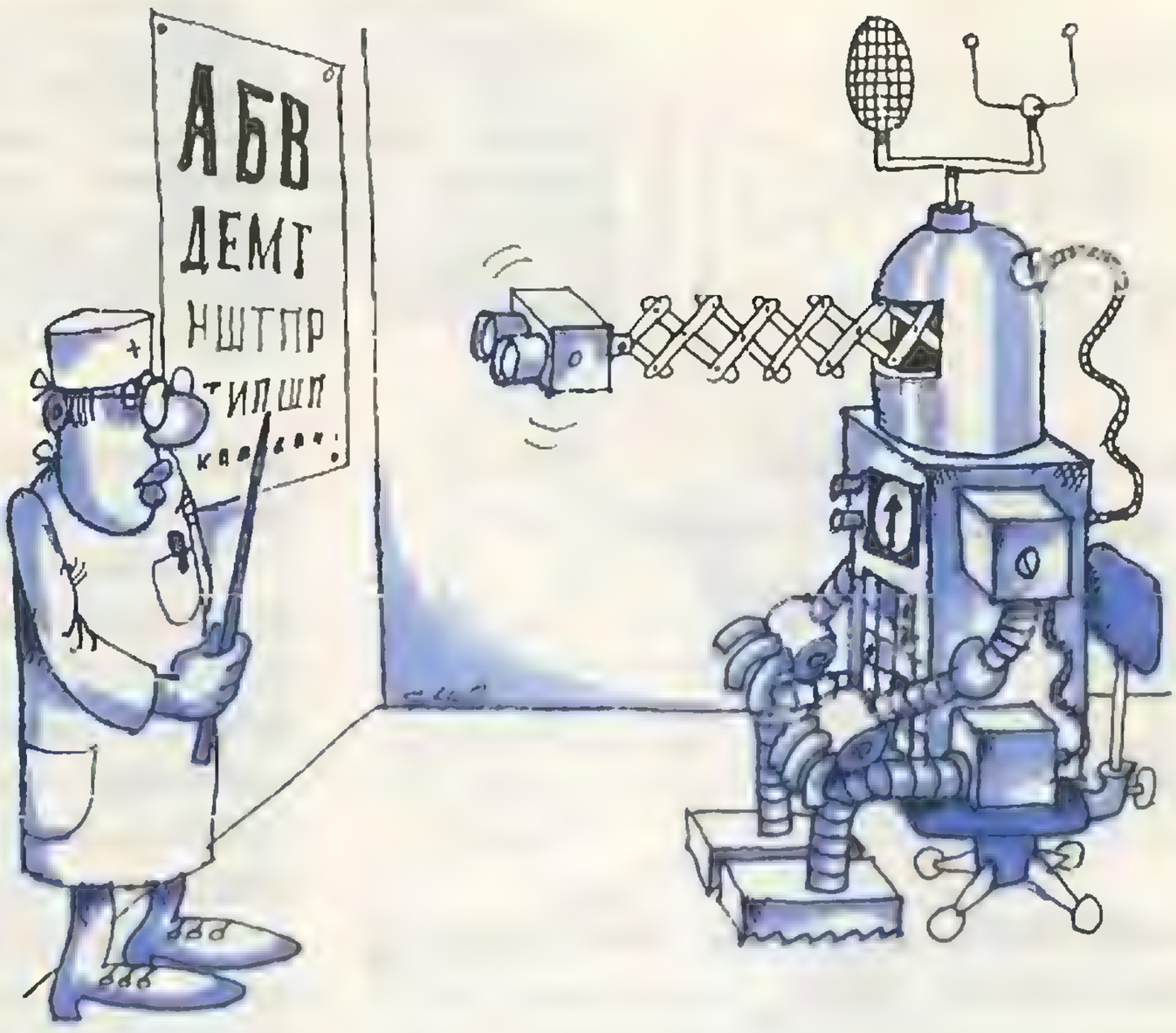
Одна из международных геофизических программ состояла в запуске 32 шаров-зондов, управляемых компьютером. В арсенале исследователей было несколько команд, в том числе и передаваемая по радио каманда самоликвидации зонда в случае завершения экспериментов. По роковой ошибке компьютера 16 из 32 шаров были уничтожены в первую секунду эксперимента.

В Англии, как и во многих других странах, для выписки всевозможных счетов применяются ЭВМ. Один предприниматель не пользовался некоторое время энергией от городской электростанции (он поставил собственный движок). Но тем не менее получил счет от электронного бухгалтера. Счет вполне справедливый на 0,00 фунтов стерлингов. Поскольку такой счет оплачивать бессмысленно, предприниматель бросил его в мусорный ящик. Вскоре пришел второй счет, за ним третий — с грозным предупреждением. Тогда предприниматель послал чек на 0,00 фунтов стерлингов. ЭВМ успокоилась.

Электронная машина засыпала владельца автомобиля в городе Лауренсберге 35 напоминаниями о выплате денежного налога на сумму 10 056 марок. Только за один день несчастного человека почтальон посетил 17 раз. Поток счетов был прекращен только в то время, когда кто-то в финансовом управлении встал на пути разъяренного компьютера. Оказалось, что ЭВМ приняла неясно написанную шестерку за нуль и вместо 1965 прочитала 1905. Поэтому она требовала от владельца машины уплаты налогов за все 60 лет.

В США в июле 1962 года из-за пропуска дефиса в программе пришлось подорвать космическую ракету, стартовавшую с мыса Кеннеди к Венере. Ракета стоила восемнадцать с половиной миллионов долларов.

Программа компьютера Нью-Йоркского банка, осуществляющего продажу государственных ценных бумаг, была рассчитана на 36 тыс. операций. Однако этого оказалось недостаточно, и в один из ноябрьских дней 1985 г., в разгар пика деловой активности, память оказалась слишком малой для хранения информации о всех операциях. В результате произошел сбой в программе и были утрачены записи о нескольких сотнях операций. Информация не была вовремя передана в Федеральный банк и в результате Нью-Йоркский банк «задолжал» ни много ни мало 32 млрд. долларов. Для ликвидации последствий ошибки в программе банк вынужден был взять в долг 24 млрд., отдав в залог все свои активы. Для выяснения и исправления ошибки потребовалось несколько дней. Ошибка обошлась банку в миллионы долларов в виде процентных платежей по долгу. Рынок ценных бумаг был дезориентирован, а некоторые вкладчики понесли потери из-за несвоевременно совершенных сделок.



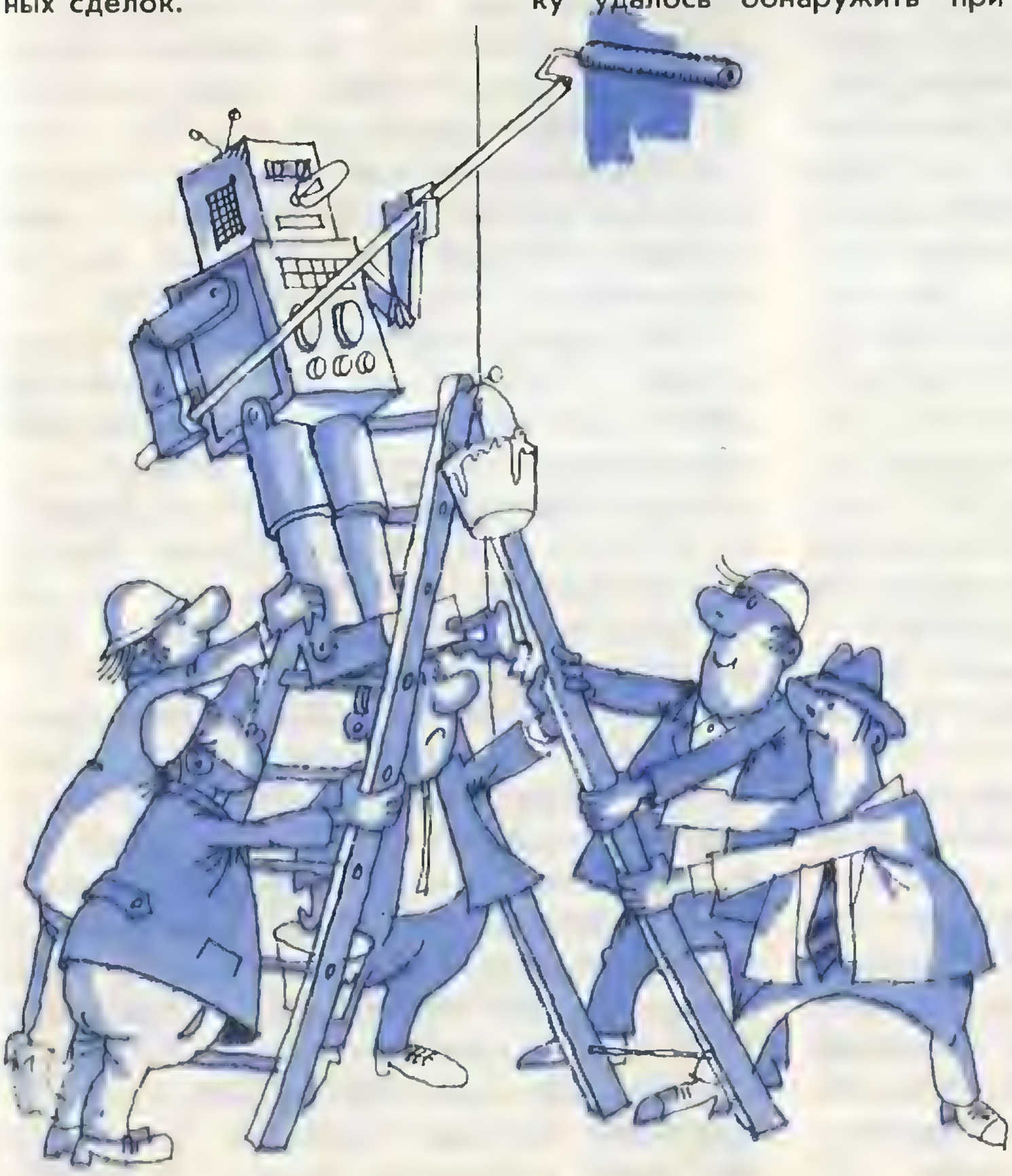
Несколько лет назад из-за ошибки в программном обеспечении бортового компьютера истребителя F-16 был запрограммирован полет самолета в перевернутом состоянии всякий раз при пересечении экватора. К счастью, эту ошибку удалось обнаружить при стендовых испытаниях, и она не произошла в полете.

Ошибка в программе оценки последствий землетрясения для ядерных реакторов потребовала остановки пяти энергоблоков, сооруженных в соответствии с неверными расчетами.

Первый полет космического корабля многоразового использования в США был отложен из-за того, что две программы обеспечения безопасности полета не были синхронизированы. И хотя порознь программы работали правильно, но неотлаженный интерфейс не давал команды на включение дублирующей программы в нужный момент.

Наверное, самой дорогостоящей была разработка программного обеспечения космической программы «Аполлон». Несмотря на тщательную проверку и дублирование в программы все-таки вкралась ошибка. В результате во время подлета к Луне лунный модуль стал вращаться. Только находчивость космонавтов, отключивших компьютерное управление, спасла экспедицию от катастрофы.

Если же речь идет о компьютерных системах таких предельных масштабов, как разрабатываемые в США в рамках программы СОИ, то ошибки в программном обеспечении могут привести к катастрофе всемирного характера.



Чрезвычайно плодотворен эффект применения ЭВМ при восстановлении утраченных архитектурных элементов, где он не имеет конкуренции с другими методами. Этот подход в последнее время был использован при определении координат утраченных архитектурных элементов Никольской церкви на Бутырском валу, Дворцового здания на улице Гастелло (Москва), церкви Успения в вотчинном имении Л. Н. Толстого в Чернском районе Тульской области.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕСТАВРАЦИОННЫХ РАБОТ

В. Я. ЦВЕТКОВ

В 1885 г. в Берлине Альбрехтом Мауденбауэром было создано одно из первых в мире архитектурных фотограмметрических бюро для съемки и хранения архитектурных объектов, в котором был создан архив с тысячами негативов и фотографий.

По примеру Берлинского бюро и в других странах были созданы подобные организации: фотограмметрический отдел при Федеральной службе охраны памятников Вены, фотограмметрический отдел при Международном комитете архитектурной фотограмметрии в Париже, при польском предприятии по охране памятников «РК» в Варшаве, при земельном хранителе Рейнланда в Бонне и др. Такие архивы имеются и в нашей стране.

Большинство снимков, хранящихся в архивах, были получены при помощи любительских камер с незафиксированными условиями съемки. Такие снимки нельзя было обрабатывать на аналоговых приборах, на которых по методике стереоэффекта удается устранять перспективные искажения и получать планы архитектурных памятников.

Часть работ по использованию архивных снимков осуществлялась графическим способом за счет вспомогательных построений нахождения точек схода. Графические методы неточны, трудоемки и реализуемы только на малом числе архивных снимков.

Применение ЭВМ и аналитических методов обработки снимков позволяет использовать практически все архивные фотоснимки, а также и архивную картографическую информацию.

Использование ЭВМ при реставрационных работах позволяет проводить совместную и раздельную обработку разных видов информации, автоматизировать получение чертежей и разрабатывать принципиально новые технологии, уменьшающие объем полевых работ и повышающие их безопасность [1]. Последнее особенно важно из-за того, что многие памятники находятся в разрушенном или аварийном состоянии и проведение обмерных работ на них сопряжено с определенной степенью риска для человека.

Укрупненная технология автоматизированного получения проектной документации с помощью ЭВМ приведена на рис. 17. Она подразделяется на три этапа. На первом этапе осуществляется сбор информации. Он включает обработку снимков (фото), проведение необходимых геодезических работ на объекте (гео), изучение архивных, в том числе картографических, материалов (карто).

На втором этапе происходят ввод, анализ и обработка информации на ЭВМ. При необходимости накопления информация приводится к единому унифицированному виду и помещается в локальную базу данных (ЛБД).

На третьем этапе по заказу потребителей выдается графический и текстовой документ.

Применение математических зависимостей, характеризующих архитектурные объекты (вертикальность стен, горизонтальность некоторых линий на фасадах), позволило не только уменьшить работу по обмерам, но и решить принципиально новые задачи по восстановлению утраченных элементов [2,3]. В последнем случае в качестве информационной основы используется архивный снимок. Например, применение ЭВМ позволило сократить сроки

восстановления утраченных элементов Богоявленского монастыря по ул. 25 Октября (старейшего после Даниловского в Москве). Работы произведены в 8 раз быстрее по сравнению с применением аналоговых и графических методов.

Дальнейшее развитие аналитических методов приводит к необходимости создания цифровых моделей объекта. Эти модели представляют собой совокупность геометрической и семантической информации [4]. Они позволяют хранить объемную информацию об объекте. Такая цифровая модель позволяет получить изометрическую проекцию объекта с любой заданной точки наблюдения. Изометрическая проекция стилизованной цифровой модели архитектурного объекта имеет очень тонкие линии, которые можно удалять программным путем. Также программным путем можно развернуть объект и получить план фасада. На этот рисунок также наведены невидимые линии. На такое изображение можно наложить или удалить элементы. С помощью «окна» можно смасштабировать любой фрагмент, обработать его независимо и «вернуть» на место. Цифровая модель дает возможность получать не только планы фасадов, но и план кровли (вид сверху). В последнем случае можно решать и дополнительные задачи, такие, как расчет профиля, расчет площади купола под позолоту и др.

Следует отметить, что процесс создания и применения цифровых моделей независим от работ на объекте. Иными словами, их использование не усложняет проведения фотосъемки и ручных обмеров. Это позволило разработать программные модули, способные проводить съемку фасада с близких расстояний с помощью любительских среднеформатных камер типа «Киев», «Салют», а обмеры свести к измерению на фасаде двух каких-либо отрезков — вертикального и горизонтального.

В настоящее время в институте «Спецпроектреставрация» разработано свыше 60 программных модулей, позволяющих осуществлять контроль

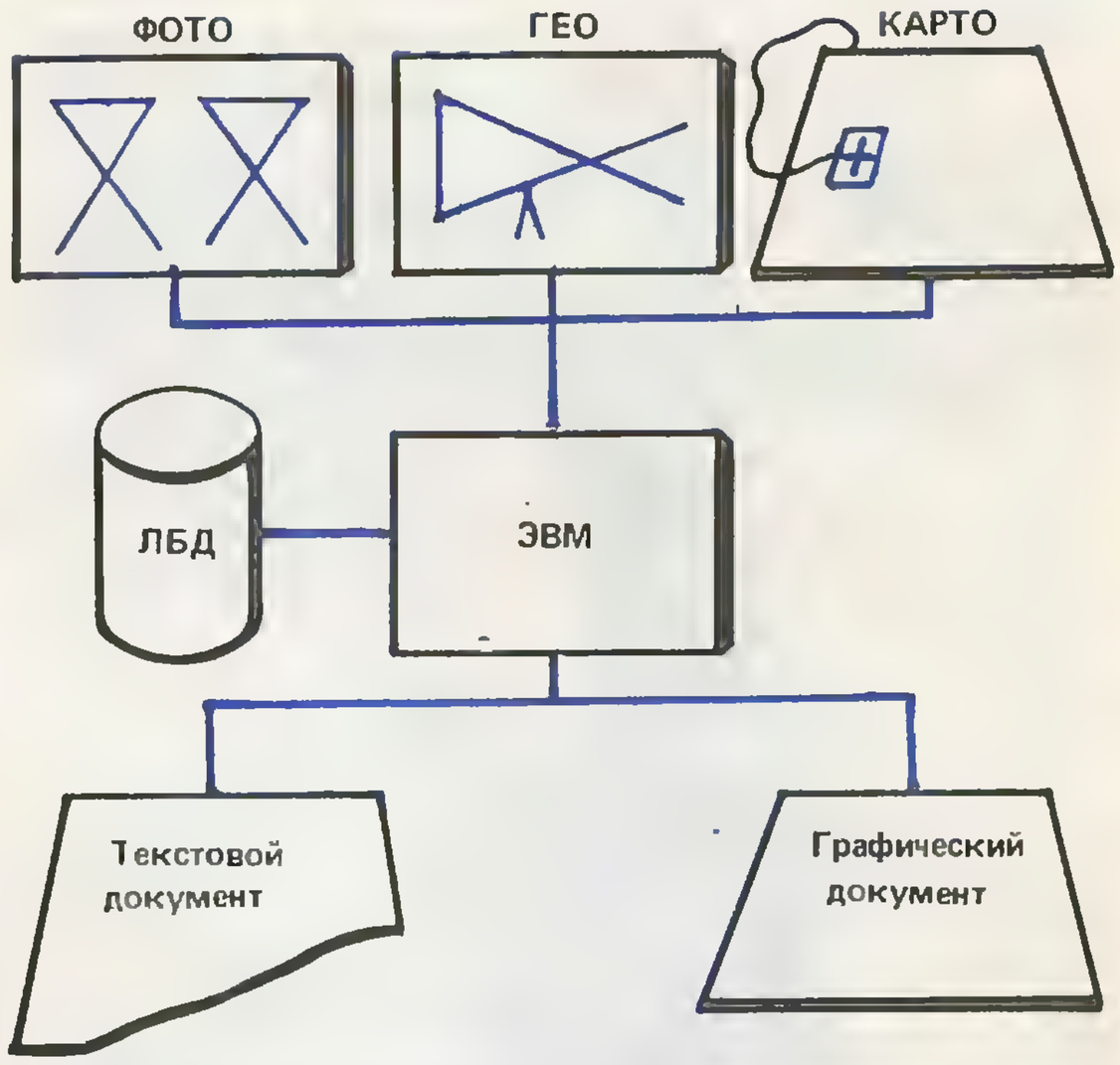


Рис. 17.

ошибок полевых и камеральных работ, определение параметров архивных снимков, определение координат утраченных элементов по одному или нескольким снимкам, проектирование точек снимка на произвольно заданные плоскости.

Применение ЭВМ в 1987 г. позволило определить по любительским снимкам точное место захоронения героя гражданской войны 1812 г., штаб-ротмистра, георгиевского кавалера Н. А. Дуровой, г. Елабуга. При этом сроки проведения работ были сокращены до двух недель вместо трех месяцев, в течение которых эта же задача приблизительно была решена в 1983 г. Кроме того, за эти две недели был обработан значительно бóльший объем информации, так как в обработку были включены новые материалы, полученные из архивов.

В начале 1988 г. по заданию Министерства культуры РСФСР были проведены проверка и обработка материалов на расчет утраченных элементов Новоиерусалимского монастыря. Применение ЭВМ позволило за две недели повторить методику и проверить расчеты, на которые с использованием программируемого микрокалькулятора уходило около года.

В заключение следует отметить, что главным при использовании ЭВМ

СЕВЕРНЫЙ ФАСАД

ВОСТОЧНЫЙ ФАСАД

для автоматизации реставрационных работ является разработка новых технологических решений, включающих все процессы — от полевых работ до подготовки чертежей. Разработка или адаптация программного обеспечения вторична по отношению к технологии.

Такой подход к автоматизации реставрационных работ привел к тому, что за последние два года пять новых технологических решений были признаны изобретениями, около десяти выполнено на уровне «ноу-хау».

Литература

1. Авдотьин Л. Н. Технические средства в архитектурном проектировании. — М.: Высшая школа, 1985. — С. 312.

2. Цветков В. Я. Способ трансформирования снимков / Авт. свид. № 1352210, опубл. 15.11.87 бюл. № 42.

3. Цветков В. Я. Способ фотограмметрического определения координат точек объекта / Авт. свид. № 1363925, опубл. 1.09.87.

4. Цветков В. Я. Особенности получения цифровой модели местности фотограмметрическим методом / В сб.: Применение аэрокосмических методов для изучения и контроля состояния земной поверхности. — М.: АН СССР, МФГО СССР, 1986. — С. 65—71.

как «убить» машинное время

Уважаемые читатели! В этой рубрике в выпуске № 4 (Б. А Тарасенко. Отечественные калькуляторы) при описании игры «Кольцо с секретом» ошибочно приведен текст программы другой игры — «Гонки на зимнем озере». В этом выпуске приводим текст программы «Кольцо с секретом» без описания игры.

Адрес	Команда	Код
00	F√	21
01	3	03
02	—	11
03	2	02
04	X	12
05	ПС	4C
06	КБПС	8C
07	ИП7	67
08	БП	51
09	11	11
10	ИП1	61
11	ПП	53
12	21	21
13	ИП8	68
14	X	12
15	ИПД	6Г
16	+	10
17	П5	45
18	С/П	50
19	БП	51
20	00	00
21	ИП5	65
22	⇄	14
23	:	13
24	ПД	4Г
25	КИПД	ГГ
26	FO	25
27	ИПД	6Г
28	—	11
29	В/О	52
30	ИПД	6Г
31	П2	42
32	FO	25
33	БП	51
34	16	16
35	ИП7	67
36	ПП	53
37	21	21
38	ИП8	68
39	X	12
40	ИП2	62
41	БП	51
42	30	30
43	ИП1	61
44	↑	OE
45	ПП	53
46	21	21
47	X	12
48	ИП2	62
49	⇄	14
50	П2	42
51	⇄	14
52	ИП7	67
53	БП	51
54	14	14
55	ПВ	4L
56	Сх	ОГ
57	ВП	0C
58	7	07
59	П7	47
60	1	01
61	0	00
62	П1	41
63	X	12
64	П8	48
65	8	08
66	ПО	40
67	0	00
68	ИПВ	6L
69	8	08
70	X	12
71	F_π	20
72	+	10
73	ПП	53
74	24	24
75	ПВ	4L
76	9	09
77	X	12
78	1	01
79	+	10
30	ПС	4C
81	ҚИПС	ГС
82	FO	25
83	FO	25
84	ИП1	61
85	X	12
86	ИПС	6C
87	+	10
88	FLO	5Г
89	68	68
90	П5	45
91	ИПД	6Г
92	П2	42
93	КИП2	Г2
94	КИП2	Г2
95	ИП5	65
96	БП	51
97	18	18

СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ ДЛЯ ВСЕХ*

Сегодня с очевидностью можно утверждать, что перестройка экономики нашей страны, достижения наукой и народным хозяйством уровня, достойного мировой державы, невозможны без опоры на самую совершенную компьютерную технику. Нам нужны — необходимы для выживания! — в достаточном количестве персональные компьютеры и суперкомпьютеры, информационные сети и базы данных, специалисты, создающие эту технику, и грамотные ее пользователи.

Полезно посмотреть под таким углом зрения на рассказ американского журнала о развитии на Западе суперкомпьютеров — основы основ всей этой сложной, многозвенной и многосвязной информационной структуры и обратить внимание на его вывод: «Страна, которая лидирует в мире по суперкомпьютерам и искусственному интеллекту, будет держать в своих руках ключи к экономическому и техническому развитию в 90-е и последующие годы».

Нестерпимо думать, что положение безнадежно, наше отставание здесь будет все увеличиваться, и остается лишь махнуть рукой, но нелепо и полагать, что вопрос может быть решен прежним, экстенсивным способом: догнать Запад, копируя то, что он имеет сегодня. Нужен качественный скачок, «зигзаг мысли». Для этого нынешняя ситуация в обществе как никогда благоприятна. Где вы, сегодняшние Менделеевы и Лобачевские, наши Креи и Чены!

«Тайм»,
Нью-Йорк

Компьютер в Иллинойском университете моделирует то, чего никто не видел: эволюцию Вселенной после Большого взрыва... Воссоздавая условия, которые, возможно, существовали миллиарды лет назад, он демонстрирует на экране, как скопления элементарных частиц под действием сил тяготения могли образовывать структуры, напоминающие нити и плоские диски. Яркие красные, зеленые и синие цвета, которыми светятся эти образования, не для красоты. Они показывают разную плотность первых больших структур в момент, когда те возникали из первобытного хаоса, царившего в космическом пространстве.

А в Массачусетском технологическом институте другой компьютер учится тому, что хорошо знает трехлетний ребенок: чем отличается чашка от блюдца. То, что малыш замечает сразу, компьютер осваивает с большим трудом, шаг за шагом. Сначала он должен усвоить идею объекта: это физический предмет, который отделен от окружающего пространства краями и поверхностями. Затем он должен осознать существенные детали чашки: удерживающая влагу центральная емкость, ручка, устойчивое основание. И наконец, нужно понять, что бывают ис-

* Ранее опубликовано в газете «За рубежом» (1988, № 21).

ключения, например, чашка из пористого пластика, теплоизолирующие устройства которой так высоки, что ей не нужна ручка.

Два потока

Эти эксперименты иллюстрируют парадокс, лежащий в основе сегодняшней вычислительной техники. Самые мощные вычислительные машины — всего лишь гигантские мельницы для цифр, обладающие непостижимыми человеческому уму быстродействием и объемом памяти. Это, по сути, безмозглые устройства, не более интеллектуальные, чем электрическая лампочка. На другом полюсе стоят компьютеры, которые начали демонстрировать первые проблески мышления, близкого человеческому, но лишь в рамках узкоопределенных задач.

40 лет ученые пытались добиться прогресса на этих двух фронтах компьютерной науки. Разработчики одного из направлений, работающие со сверхбыстрыми машинами — их называют суперкомпьютерами, — постоянно борются за все большее их быстродействие, производительность. Другие составляющие программы, в которых видны зачатки искусственного интеллекта, пытаются проникнуть в тайны человеческой мысли. Каждое из этих двух грандиозных направлений, которые поддерживают миллиарды долларов из научных фондов, а также некоторые из лучших умов нашего века, развивается так, будто другого не существует.

Однако налицо признаки того, что эти два могучих потока компьютерных исследований начали сливаться и что наиболее совершенные нынешние машины когда-нибудь, быть может, превратятся в электронный мозг, который будет не только невероятно быстр, но и исключительно умен. Поиски ведутся почти во всех крупнейших странах. И не удивительно: возможный выигрыш — в производительности труда, в научных исследованиях, в национальной безопасности — поразителен. Взрослые люди с детским восторгом описывают роботы, которые станут находить путь по предприятию; пишущие машинки, которые будут писать под диктовку; военные системы, которые сделают мир неуязвимым для ядерного оружия.

Эти два направления исследования находятся на разных стадиях жизненного цикла. Исследования в области искусственного интеллекта только начинаются: первые коммерческие проекты появились менее пяти лет назад и сейчас находят широкое применение. С другой стороны, изготовители суперкомпьютеров, обеспечив сверхскоростными процессорами правительственные лаборатории и разведслужбы на четверть века вперед, сейчас переживают такой бурный рост, что он застал врасплох даже самых оптимистически настроенных руководителей промышленности. Ежегодная продажа этих машин, которые стоят от 5 до 25 миллионов долларов, последние десять лет растет на 25 процентов и даже больше. В 1988 году она впервые перевалит рубеж в миллиард долларов.

Цифровые мельницы

Примерно 300 суперкомпьютеров работают сейчас над такими разноплановыми задачами, как разведка месторождений нефти, исследование мышечных структур и создание особых эффектов для голливудских киностудий. С расширением суперкомпьютерных сетей высокоскоростные вычислительные мощности становятся доступными каждому владельцу персонального компьютера, подключенного к телефонным линиям. «Теперь весь мир никогда не вернется назад, — говорит Дойл Найт, директор Национального компьютерного центра имени Джона фон Неймана в Принстоне (штат Нью-Джерси). — Скоро каждая отрасль промышленности, каждое направление науки, каждая область быта будут так или иначе связаны с суперкомпьютерами».

Производительность и быстродействие — вот что отличает суперкомпьютеры от их более скромных родственников. На заре развития этой отрасли быстродействие измерялось тысячами флопов (эта аббревиатура обозначает число операций с плавающей запятой в секунду). Сегодня — в гигафлопах, или миллиардах операций в секунду. Завтра этот показатель будет измеряться терафлопами, триллионами операций в секунду. Один «терафлопный» суперкомпьютер будет эквивалентен 10 миллионам персональных компьютеров, работающих с полной нагрузкой.

Самые мощные суперкомпьютеры удивительно компактны. В них нередко удается повысить быстродействие, уменьшая путь электронов по внутренним проводам. Но этим плотно упакованным мозгам нужен целый набор дополнительного оборудования. Некоторым из них требуются обычные компьютеры только для ввода и вывода программ из процессора. Эти машины могут подсоединяться с помощью кабелей или спутников к сотням удаленных терминалов, которые превращают обыкновенные цифры, введенные в машину, например, в удивительные трехмерные графические изображения. Нередко им нужны громоздкие охлаждающие устройства, чтобы молниеносно передаваемые электрические сигналы внутри них не расплавили их схемы. Тепла, выделяемого суперкомпьютерами Миннесотского университета, например, хватает для обогрева гаража.

Производители

Большую часть эры суперкомпьютеров на рынке самых мощных машин доминировала одна фирма — «Креч рисерч» из Миннеаполиса. Она продала 60 процентов всех суперкомпьютеров — 178 машин характерной С-образной формы установлены в разных странах мира. Ее ближайший конкурент расположен по другую сторону реки Миссисипи в Сент-Поле. Это «Контрол дейта корпорейшн» (Си-Ди-Си), от которой «Крей» отпочковалась в 1972 году. В 1983 году Си-Ди-Си создала специальный суперкомпьютерный филиал под названием «И-Ти-Эй системс», который стабильно удерживает 12,7 процента рынка. Сразу вслед за ними идет япон-

Сеймур Крей

ское трио — «Ниппон электрик корпорейшн», «Хитачи» и «Фудзицу», которые вступили в суперкомпьютерную гонку в 1983 году и с тех пор отвоевали 23 процента мирового рынка.

Однако это распределение сфер влияния, возможно, скоро будет нарушено внезапным вступлением в игру нового игрока, отсутствие которого в последнее время на суперкомпьютерном рынке бросалось в глаза, — концерна «Интернешнл бизнес машинз» (Ай-Би-Эм). В декабре этот крупнейший производитель компьютеров (объем продаж в 1987 году — 54,2 миллиарда долларов) объявил, что заключил контракт с одним из самых авторитетных конструкторов суперкомпьютеров Стивом Ченом, который в сентябре потряс компьютерный мир, внезапно покинув пост вице-президента компании «Крей». При финансовой поддержке Ай-Би-Эм Чен учредил собственную компанию для разработки машины, в сто раз более быстрой, чем любая из существующих на рынке.

Ай-Би-Эм не только решила заняться совершенно новым для себя делом, но и подкрепила своим авторитетом и огромными ресурсами радикально новый вид суперкомпьютера, который резко отличается от предшественников. Со времен второй мировой войны большинство компьютеров конструировалось на основе принципа пошагового выполнения операций, ввод и вывод данных происходили из одного высокоскоростного процессора. Машина, которую строит Чен с помощью Ай-Би-Эм, будет содержать не один, а 64 процессора, действующих одновременно и параллельно, что позволит значительно сократить время вычислений. Решение Ай-Би-Эм поддержать проект создания суперкомпьютера с параллельной обработкой данных — это свидетельство того, что техника развивается именно в этом направлении. Специалист по компьютерам из Университета Карнеги-Меллона Х. Г. Кунг говорит: «Одним ударом Ай-Би-Эм взялась за два вида новой техники: суперкомпьютеры и параллельную обработку». «Белл лабораториз», принадлежащая концерну «Американ телефон энд телеграф» (Ай-Ти-Ти), недавно представила новый компьютер с параллельным выполнением операций на заседании Американского физического общества в Новом Орлеане.

Однако компании «Крей», Ай-Би-Эм и Ай-Ти-Ти могут проиграть специально образовавшимся группам конструкторов-новаторов, уже перешагнувших рубеж 64 процессоров и строящих машины, которые разделят свою работу между сотнями и даже тысячами процессоров. В конце марта научные сотрудники «Сандиа нэшнл лэбораториз» в Альбукерке объявили о том, то они создали компьютер на 1024 процессорах, позволяющий решать некоторые задачи в тысячу и более раз быстрее, чем однопроцессорная машина, работающая в одиночку. Это беспрецедентное достижение свидетельствует о том, что способности суперкомпьютеров, возможно, в будущем будут прямо зависеть от количества используемых в них процессоров.

Потребители

Многие исследования в области суперкомпьютеров финансируются правительством США, чей аппетит на высокоскоростные цифровые мельницы для нужд обороны и разведки, видимо, безграничен. В прошлом году Пентагон потратил сотни миллионов долларов, пытаясь поднять быстродействие своих сверхскоростных компьютеров. Один из правительственных проектов, особенно нуждающийся в суперкомпьютерных мощностях, — национальный воздушно-космический самолет, который предназначен для доставки военных и гражданских грузов со скоростью в 25 раз выше скорости звука. Поскольку сейчас не существует аэродинамических труб, способных моделировать такие огромные скорости полета, «испытывать» этот гиперзвуковой самолет придется на суперкомпьютерах, в идеале — на машинах, во много раз более мощных, чем существующие модели. Советник президента по науке Уильям Грэм рекомендовал конгрессу выделить дополнительно 1,7 миллиарда долларов на разработку суперкомпьютеров с параллельной обработкой информации, которые к середине 90-х годов смогут перемалывать данные с терафлопными скоростями.

В этих связях изготовителей суперкомпьютеров с военными и разведкой нет ничего нового. Один из первых «Креев», сошедших со сборочного конвейера в 1976 году, был передан

в Ливерморскую национальную лабораторию имени Лоуренса, где он быстро «расщелкал» головоломные математические уравнения, возникающие при конструировании водородных бомб. Другой «Крей» из первой партии, несомненно, был поставлен Агентству национальной безопасности в Форт-Миде (штат Мэриленд), где он «разгрызает» умопомрачительные военные шифры и сортирует разведывательные данные, стекающиеся в это агентство каждый день.

Что действительно ново, так это быстро растущий аппетит на суперкомпьютеры в частном секторе. Они могут служить классическим примером того, как техника, разработанная для нескольких специальных целей, находит применение в самых неожиданных областях, ибо перебрасываются от одной отрасли промышленности к другой, как вирус. Производители полупроводников используют их, чтобы искать способы, как поместить больше транзисторов на квадратном сантиметре кремниевого чипа. Консультанты по финансовым вопросам пользуются ими для выработки поразительной по сложности инвестиционной стратегии. Биохимикам они нужны для предсказания состава веществ, которые стоит опробовать в качестве новых медикаментов. Инженеры возлагают на них конструирование новых автомобилей, реактивных двигателей, лампочек, парусных яхт, холодильников и искусственных конечностей.

Но никто не выигрывает от них больше, чем ученые. Национальный научный фонд с запозданием признал этот факт в 1985 году, когда решил израсходовать более 200 миллионов долларов на создание суперкомпьютерных центров в пяти выбранных им пунктах, а также связать их машины с десятками университетов и исследовательских лабораторий. Сегодня около 6 тысяч ученых, работающих в более чем 200 институтах, получили доступ к центрам Национального научного фонда. Это вызвало настоящий взрыв научной продуктивности в математике, гидродинамике, других областях. Рон Бейли, руководитель программы моделирования аэродинамических процессов в Исследовательском центре имени Эймса (НАСА), сказал: «Суперкомпьютеры сегодня имеют такое же значение для людей, делающих открытия, какое имели формулы для Ньютона».

Они обеспечивают ученым беспрецедентный подход к скрытым мирам — большим и малым. Используя гигантские способности «Крея» из суперкомпьютерного центра в Сан-Диего, Марк Эллисмен и Стивен Янг исследовали пару цепочных структур в мозгу страдающего болезнью Алцгеймера, которые, по предположению ученых, могут быть причиной этого преждевременного слабоумия. Профессор Северо-западного университета Артур Фримен с помощью «Крея-2» получил поразительную картину атомного строения нового сверхпроводника, свободно проводящего электрический ток при температуре минус 175 градусов. «Крей X-MP» в Иллинойском университете производит ослепительный набор цветных мультфильмов, изображающих самые различные явления природы — от вихрей, порождающих ураганы, до

Стив Чен

сверхзвуковых фонтанов, извергающихся из черных дыр в центрах галактик. Как сказал лауреат Нобелевской премии Кеннет Уилсон: «Астроном со своим телескопом может наблюдать Вселенную всего лишь в течение пятидесяти лет, а астрофизик с суперкомпьютером может «видеть» на миллионы лет назад и вперед».

И все же, несмотря на все чудеса, которые стали доступными благодаря суперкомпьютерам, их пользователи все еще не удовлетворены. «Архитектор» компьютеров Нейл Линкольн в шутку говорит, что по-настоящему их следует определить как машины, которые всегда опаздывают на одно поколение от задач, которые перед ними ставят. Норман Морс, возглавляющий вычислительный отдел в Лос-Аламосской лаборатории, имеет в своем распоряжении одиннадцать суперкомпьютеров, но все еще не может удовлетворить своих конструкторов вооружений и других научных сотрудников. Он говорит: «У нас уже сейчас идут работы, которые требуют машин в сто раз более быстрых, чем те, что мы имеем».

Соперники

Гонка за все более быстродействующими суперкомпьютерами в полном разгаре. В десятках лабораторий США, Европы и Японии расходуются миллионы долларов на работы сотен инженеров и ученых, которых воодушевляет меч-

та построить самую мощную вычислительную машину в мире. Если и можно сказать, что какая-то одна «команда» взяла хороший старт, то это небольшая сплоченная группа инженеров, работающая в Чиппева-Фоллс (штат Висконсин), где располагаются самые важные лаборатории компании «Крей рисерч».

Чиппева-Фоллс (население 13 тысяч человек) славится в округе своим пивом «Лейненкугель» и водой «Чиппева спрингс». Но в мире он известен как место, где живет один из самых влиятельных и загадочных авторитетов в компьютерном мире — Сеймур Крей. В этом мире 62-летний Крей, застенчивый, необщительный инженер, редко дающий интервью журналистам, значит то же, что значил Эдисон в электротехнике или Белл в телефонизации. Сначала в качестве одного из основателей фирмы «Контрол дейта», а затем своей собственной Крей сконструировал непревзойденную серию машин высшего класса, в том числе Си-Ди-Си — 1604 (1960 г.), Си-Ди-Си — 6600 (1964 г.), Си-Ди-Си — 7600 (1969 г.), «Крей-1» (1976 г.) и «Крей-2» (1985 г.), каждая из которых в свое время могла претендовать на то, чтобы называться самым мощным компьютером в мире.

В 1981 году Крей оставил пост председателя компании и стал «консультантом», но это лишь дало ему больше времени, чтобы сосредоточиться на конструировании. Сейчас он заканчивает чертежи своей новой машины «Крей-3», которая должна быть выпущена в 1989 году, и уже, как говорят, начинает думать над ее преемником — «Креем-4», проявляя при этом свою легендарную целеустремленность.

Крей не теряет своего новаторского таланта. Ожидается, что «Крей-3» будет первой коммерческой машиной, где использованы чипы, изготовленные из арсенида галлия, а также обычные кремниевые. Скорость «путешествий» электронов по микросхемам при этом в десять раз выше, хотя работать с этим материалом и труднее, и дороже. Крей решил, что выигрыш в скорости оправдывает дополнительные расходы. Признавая растущее значение параллельной обработки информации, Крей планирует оснастить свою последнюю модель 64 процессорами вместо четырех, как в «Крее-2», и вместо шестнадцати, которые будут заложены в «Крее-3». И все же он достаточно осторожен, чтобы двигаться вперед слишком быстро и слишком далеко. «Концепция шага очень важна в разработке компьютеров, — сказал Крей прошлой осенью группе покупателей. — Если сделать слишком большой шаг — пострадает дело».

Эти высказывания были истолкованы как намек на работу Стива Чена, который внезапно ушел из «Крей рисерч», когда эта компания отказалась одобрить его амбициозный проект новой машины. К тому моменту, когда Чен хлопнул дверью, он уже был звездой в области суперкомпьютеров. Он родился в Китае, вырос на Тайване, переехáл в США, изучал электротехнику в Вилланове, защитил докторскую диссертацию в Иллинойском университете. Когда он пришел в «Крей рисерч» в 1979 году, руководители компании подумали, что нашли преемника Крею: некто столь же блистающий и целиком посвятивший себя работе. Чен определенно стремится быть «в том же классе», что и Крей. Он говорит с характерной скромностью: «Есть лишь несколько человек, достаточно безумных, чтобы заниматься делом все время». Чен быстро проявил себя, переделав «Крей-1» в двухпроцессорную машину. Получившийся компьютер «Крей X-MP» стал суперкомпьютерным бестселлером, их сейчас установлено уже 120. Чен также сконструировал заново «Крей Y-MP», который, как надеется компания, повторит коммерческий успех системы X-MP. Однако стремление Чена строить все более мощные компьютеры привело его к конфликту с Сеймуром Креем.

Как считает Гэри Смэби, вице-президент «Пайпер, Джеффри и Хопвуд» инвестиционной фирмы из Миннеаполиса, дело здесь не в зависти или столкновении характеров, а в полярном стиле инженерного мышления. Гений Крея направлен на то, чтобы выжимать максимум из существующей техники при жестко ограниченном бюджете и штате. Чен создал «группу прорыва» из 200 специалистов, побуждая их «раскачивать забор» везде, где только возможно. В глазах руководства в машине, спроектированной Ченом, «Крей-MP» использовано пять рискованных направлений. В частности, это касается применения оптоволоконных кабелей, передающих данные с помощью лучей света, а не электронов. Когда расходы на проект перевалили за 10 миллионов долларов, то есть вдвое превысили смету, председатель «Крея» Джон Ролвален не выдержал и вообще упразднил этот проект, вынудив Чена подать в отставку.

Примерно 45 сотрудников из его группы уволились вместе с ним и открыли свое дело в двенадцати милях отсюда, в О-Клере (штат Висконсин). Уже через три месяца Чен получил финансовую поддержку от Ай-Би-Эм (по оценкам — от 10 до 45 миллионов долларов). «Мы знаем, что означает растить мечтателей, — говорит Владавский-Гербер из Ай-Би-Эм. — Мы хотим, чтобы Чен «раскачал забор». И он действительно намерен это делать. Он заявляет: «Через пять лет мы должны иметь 100 миллиардов гигафлопов. Задачу, которая сейчас занимает три месяца, мы хотим решать за день».

Перспективы

Но Ай-Би-Эм полагается не только на Чена. Сейчас, когда суперкомпьютерный рынок достиг миллиарда долларов в год — магической цифры, традиционного порога интересов компании, Ай-Би-Эм развивает по меньшей мере шесть различных программ по суперкомпьютерам, хотя некоторые из них находятся в стадии первоначальных исследований. Один из экспериментальных компьютеров специального назначения, GF-11, занимает помещение площадью целых 50 квадратных метров. Другой компьютер, RP-3, будет состоять из восьми кубов с ребром 2,5 метра, расположенных в виде десятиметровой карусели. Но даже эти машины померкнут перед самым амбициозным суперкомпьютером фирмы TF-1, бегемотом, на ко-

торый уйдет 6,5 тысячи километров проводов, 33 тысячи высокоскоростных процессорных ячеек и одно переключающее устройство диаметром 2,5 метра. По завершении TF-1 должен иметь быстродействие в 2 тысячи раз большее, чем сегодняшние суперкомпьютеры.

Но настоящее беспокойство Ай-Би-Эм за суперкомпьютерный рынок должен вызывать не «Крей рисерч», а «Хитачи», «Фудзицу» и «Ниппон электрик корпорейшн». Своим первым поколением суперкомпьютеров японцы явно заявили о намерении уничтожить 25-летнее американское лидерство. Сегодня их самые быстродействующие машины вполне могут сравниться с любым суперкомпьютером, сделанным в США. В некоторых применениях они превосходят самые совершенные американские модели. Во время сравнительных испытаний однопроцессорного японского «Хитачи 5-820/80» и двухпроцессорного «Крея X-MP» японская машина выиграла со счетом примерно 10:1.

До сих пор японцы сосредоточивали усилия на ускорении работы своих сверхскоростных процессорных чипов. В результате они сейчас делают самые мощные в мире однопроцессорные суперкомпьютеры. Однако пока они еще не начали соединять вместе большое количество отдельных процессоров. В области параллельной процессорной обработки США еще превосходят японцев. Несколько мелких американских компаний, в том числе «Болт Беранек энд Ньюмэн» и «Аметек компьютер рисерч», уже начали продавать «параллельные машины», которые могут «продираться» сквозь уравнения с такой бешеной скоростью, что угрожают существованию обычных суперкомпьютеров.

Однако главная трудность при параллельной обработке — математическое обеспечение. На написание программы для традиционных суперкомпьютеров потрачены десятки тысяч человеко-лет. «Перейти на параллельные процессоры — это начать все сначала», — говорит Томас Нэш из Национальной ускорительной лаборатории им. Ферми.

Вот почему новость, поступившая в конце марта из Сандиа, так важна. Она подтверждает, что можно достичь огромного быстродействия, разбивая большие задачи на мелкие блоки и решая их одновременно. Говорит Дэвид Кук, бывший профессор Чена в Иллинойском университете: «Основное, что нам предстоит в будущем десятилетии, — это понять, как обращаться с этим параллелизмом».

«Обращаться с параллелизмом» будет полезно не только пользователям суперкомпьютеров, но и исследователям, работающим над другим мегапроектом компьютерной науки — искусственным интеллектом. Фактически одна из самых совершенных параллельных машин, обладающая 65 536 процессорами — «Коннекши», — была построена исследователями из лаборатории искусственного интеллекта Массачусетского технологического института. Дэниэлс Хиллс, 31 года, который конструировал этот компьютер, видит в нем первое материальное доказательство того, что, по его мнению, неизбежно: слияния этих двух направлений. «Суперкомпьютеры — необходимая техника для искусственного интеллекта, — говорит он. — Точно так же, как вы не можете построить самолет, не разработав сначала мотор, достаточно мощный, чтобы его поднять, вам не удастся создать искусственный интеллект без быстродействующих суперкомпьютеров».

На карту поставлено гораздо большее, чем продажа нескольких машин стоимостью во много миллионов долларов. Страна, которая лидирует в мире по суперкомпьютерам и искусственному интеллекту, будет держать в своих руках ключи к экономическому и техническому развитию в 90-е и последующие годы.

Начало на стр. 33

20
левая $Y = a \cdot b \cdot \overline{c} + \overline{a} \cdot b \cdot c + a \cdot \overline{b} \cdot c + a \cdot b \cdot c$
правая $Y = a \cdot b \cdot \overline{c} + \overline{a} \cdot b \cdot \mathbf{c} + a \cdot \overline{b} \cdot c + a \cdot b \cdot c + a \cdot b \cdot c + a \cdot b \cdot c$
21
левая $Y = A \cdot B \cdot \overline{C} + A \cdot \overline{B} \cdot C + \overline{A} \cdot B \cdot C + A \cdot B \cdot C$
25 $Y = \overline{a \cdot b}$
левая $Y = \overline{a \cdot b + c \cdot d}$
левая вместо ссылок на рисунки 10б, 9в, 10 должно быть 9б, 8в, 9
29
левая **входными** сигналами для этой...
левая
30
правая $P = P_{+1} + S_{1/2} \cdot P_{1/2}$
левая $\overline{X} + \overline{Y} = \overline{X \cdot Y}$
31
правая в подписи к рис. 14 следует читать **RS** — триггера
правая $Q_n = \overline{S} \cdot \overline{R} \cdot Q_{n-1} + \ldots$
$Q_n = \overline{R}\,(\overline{S} \cdot Q_{n-1} + \ldots$
левая а с индексом **n — 1**

левая S R Q_{n-1} Q $\overline{Q}$
0 0 0 · 0 1
32 $У_1 = \overline{X}_1 \cdot \overline{X}_2$
правая $У_2 = \overline{X}_1 \cdot X_2$
правая В таблице первая строка:
0 **0** 1 0 0 0
левая Вместо «B_V» должно быть «B_0»
33 $У_3 = X_1 \cdot \overline{X}_2$
левая $У_4 = X_1 \cdot X_2$.

«ТЕРМИНАЛ»
КОМПЬЮТЕРНЫЙ КЛУБ ШКОЛЬНИКОВ

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММЫ

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДРОБЕЙ ОБЫКНОВЕННЫХ СУММОЙ ДРОБЕЙ ЕГИПЕТСКИХ

ИГОРЬ КАРАСИК, Крым, г. Саки

Математики Древнего Египта старались все дроби записывать в виде суммы долей, т. е. дробей вида $^1/n$. Иногда это оказывалось полезным.

В литературе часто приводится задача о том, как рациональнее разделить семь хлебов поровну между восемью людьми. Задача была приведена в одном из папирусов Древнего Египта — известна как задача писца Ахмеса.

Можно поступить так: каждый из семи хлебов разрезать на восемь равных частей, что потребует 49 разрезов, и дать каждому человеку по семь долей. Можно поступить иначе: представить дробь 7/8 в виде суммы долей, так как это сделано ниже:

$$7/8 = 1/2 + 1/4 + 1/8.$$

Отсюда ясно, что четыре хлеба следует разрезать пополам, два — на четыре части и один — на восемь частей. В этом случае потребуется всего 17 разрезов. Нетрудно сообразить, как следует раздать полученные части хлеба всем людям.

Рассказанное подсказало тему задачи на программирование: составить программу представления любой положительной правильной дроби р/к в виде суммы дробей египетских.

Идея алгоритма разъясняется на примере.

Пусть дана дробь 15/16. Попробуем ее представить сначала в виде первой из египетских дробей 1/2 и пока неизвестной дроби р/к:

$$р/к = 15/16 + 1/2 + р/к.$$

Отсюда находим дробь р/к:

$$15/16 - 1/2 = \frac{15 \cdot 2 - 16}{16 \cdot 2} = 7/16.$$

Далее дробь 7/16, которая не относится к египетской, представляем в виде суммы египетской дроби 1/3 и вновь пока неизвестной дроби р/к: 7/16=1/3+р/к. Находим новую дробь р/к:

$$р/к = 7/16 - 1/3 = \frac{7 \cdot 3 - 16}{16 \cdot 3} = 5/48.$$

К дроби 5/48 применяем тот же прием и получаем:

$$5/48 = 1/10 + р/к \text{ и } р/к = 5/48 - 1/10 = 1/240.$$

Последнее значение р/к оказалось дробью египетской, это значит, что задача решена. Имеем:

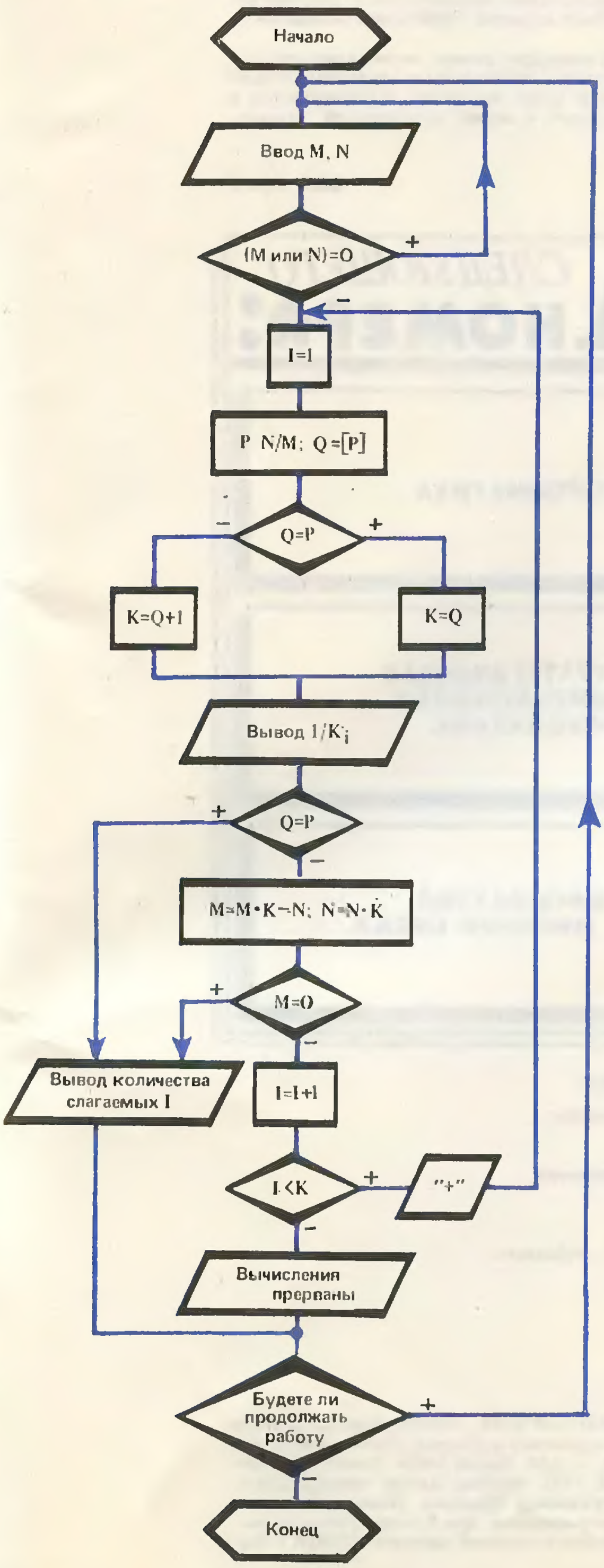
```
исходная дробь 3/7
разложение дроби 1/3+1/11+1/231
разложение имеет 3 слагаемых

исходная дробь 2/3
разложение дроби 1/2+1/6
разложение имеет 2 слагаемых

исходная дробь 56/61
разложение дроби 1/2+1/3+1/12+
+1/732
разложение имеет 4 слагаемых
```

исходная дробь 63/64
разложение дроби 1/2+1/3+1/7+
+1/123+1/18368
разложение имеет 5 слагаемых

исходная дробь 354/436
разложение дроби 1/2+1/4+1/17+
+1/323+1/140828
разложение имеет 5 слагаемых



исходная дробь 1/1
разложение дроби 1/1
разложение имеет 1 слагаемое

На основе этой идеи разработана программа на языке БЕЙСИК и схема алгоритма.

```
 10 PRINT "РАЗЛОЖЕНИЕ ДРОБИ В СУММУ ЕГИПЕТСКИХ ДРОБЕЙ"
 20 PRINT
 30 INPUT "ВВЕДИТЕ ЧИСЛИТЕЛЬ ДАННОЙ ДРОБИ M" ; M
 40 INPUT "ВВЕДИТЕ ЗНАМЕНАТЕЛЬ ДАННОЙ ДРОБИ N" ; N
 50 IF M=0 THEN PRINT "M=0--НЕДОПУСТИМО" : GOTO 30
 60 IF N=0 THEN PRINT "N=0--НЕДОПУСТИМО" : GOTO 30
 70 PRINT "ИСХОДНАЯ ДРОБЬ ==> " ; M ; "/" ; N
 80 PRINT "ИСКОМОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ==>";
 90 LET I=1
100 LET P=N/M
110 LET Q=INT(P)
120 IF Q=P THEN LET K=Q ELSE LET K=Q+1
130 PRINT "1/"; K ;
140 IF Q=P THEN 210
150 LET M=M*K-N
160 LET N=N*K
170 IF M=0 THEN 210
180 LET I=I+1
190 IF I<15 THEN PRINT "+"; : GOTO 100
200 PTINT "ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРЕРВАНЫ" : GOTO 230
210 PRINT "В ИСКОМОЙ СУММЕ" ; I ; "СЛАГАЕМЫХ"
220 PRINT
230 PRINT "ПРОДОЛЖИТЬ РАБОТУ ?ДА ИЛИ НЕТ ?"
240 INPUT A$
250 IF A$="ДА" THEN 30
260 END
```

Post scriptum

Резюме специалиста

Задача для программирования выбрана удачно. Обращение к теме «Обыкновенные дроби и ЭВМ» следует приветствовать. У школьников не должно закрепляться представление, что ЭВМ работают исключительно с числами, записанными в виде десятичных чисел, целых и дробных.

Алгоритм решения задачи прост и позволяет поставить ряд задач, обобщающих данную.

Для заинтересовавшихся предлагаем прочесть статьи в журнале «Квант»: Ижболдин О. Т., Курляндчик Л. Д. Разбиение единицы. — 1987. — № 7; Виленкин Н. Я. Из истории дробей. — 1987. — № 5.

С 30 **Семейство** отечественных ЭВМ. Диалоговый вычислительный комплекс. — М.: Знание, 1988. — 48 с. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Вычислительная техника и ее применение»; № 11). 15 к.

Основные архитектурные особенности, технические и эксплуатационные характеристики семейства ПЭВМ типа ДВК, структура и принцип работы отдельных устройств достаточно полно описаны в сборнике «Микро-ЭВМ», книга 2, под редакцией Преснухина. В настоящей брошюре читатель познакомится с архитектурными решениями одной из старших и новейших моделей ПЭВМ этого семейства — ДВК-4.

Брошюра предназначена для читателя, знающего основы вычислительной техники и желающего ознакомиться с конкретными техническими характеристиками ДВК-4. Она будет также полезна широкому кругу читателей, неспециалистов в области вычислительной техники, осваивающих в своей практической деятельности ПЭВМ ДВК-4.

2404000000 ББК 32.97

ТЕМА СЛЕДУЮЩЕГО НОМЕРА:

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И СВЯЗЬ

ИНФОРМАТИКА

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ

СТРАТЕГИЧЕСКАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНИЦИАТИВА

МАТЕМАТИКА, КИБЕРНЕТИКА

ИНФОРМАТИКА И МИРОВОЙ ОКЕАН

СЕМЕЙСТВО ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЭВМ.
Диалоговый вычислительный комплекс

Гл. отраслевой редактор *Л. А. Ерлыкин*
Редактор *Б. М. Васильев*
Мл. редактор *Н. А. Васильева*
Художники *В. Н. Конюхов и К. Н. Мошкин*
Худож. редактор *М. А. Гусева*
Техн. редактор *Т. В. Луговская*
Корректор *В. В. Каночкина*

ИБ № 9227

Сдано в набор 27.07.88. Подписано к печати 29.09.88. Т08535. Формат бумаги 70×100¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура журнально-рубленая. Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,90. Усл. кр.-отт. 8,45. Уч.-изд. л. 4,54. Тираж 66056. Заказ 2310. Цена 15 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 884711. Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 170024, г. Калинин, пр. Ленина, 5.

Цена 15 коп.

Индекс 70195

Адрес подписчика:

Лен. 2-7-43

Издательство «Знание»

Подписная научно-популярная серия

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ

Дорогой читатель!

Брошюры этой серии в розничную продажу не поступают, поэтому своевременно оформляйте подписку.
Подписки на брошюры издательства «Знание» ежеквартальная, принимается в любом отделении «Союзпечати».

Наш адрес: Москва, Центр, проезд Серова, д. 4